

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа новых производственных технологий

Научно-образовательный центр Н.М.Кижнера

Направление подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Профиль Машины и аппараты химических производств

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование ректификационной колонной установки для разделения бинарной смеси метанол-вода

УДК 66.048.3:661.721:546.212.001.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2К31	Василенко Остап Александрович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тихонов В.В.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Т.Г.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ларионова Е.В.	К.Х.Н		

По разделу «Механический расчет оборудования»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Беляев В.М.	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель НОЦ Н.М. Кижнера	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Краснокутская Е.А.	д.х.н., проф.		

Томск – 2018г.

Запланированные результаты обучения по ООП 18.03.02 в 2018 г.

Наименование категории (группы)	Код и наименование компетенции выпускника программы бакалавриата
<i>Универсальные компетенции:</i>	
Системное и критическое мышление	УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
Разработка и реализация проектов	УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
Командная работа и лидерство	УК-3. Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
Коммуникация	УК-4. Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах)
Межкультурное взаимодействие	УК-5. Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
Самоорганизация и саморазвитие (в т. ч. здоровьесбережение)	УК-6. Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
	УК-7. Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
Безопасность жизнедеятельности	УК-8. Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
<i>Общепрофессиональные компетенции</i>	

Наименование категории (группы)	Код и наименование компетенции выпускника программы бакалавриата
Естественнонаучная подготовка	ОПК-1. Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов
Профессиональная методология	ОПК-2. Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности
Адаптация к производственным условиям	ОПК-3. Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом правовых, экономических и экологических ограничений
Инженерная и технологическая подготовка	ОПК-4. Способен обеспечивать проведение технологического процесса в соответствии с регламентом, используя технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, и осуществляя изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья
Научные исследования и разработки	ОПК-5. Способен осуществлять экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, проводить наблюдения и измерения с учетом требований техники безопасности, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа новых производственных технологий

Научно-образовательный центр Н.М.Кижнера

Направление подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Профиль Машины и аппараты химических производств

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-2К31	Василенко Остапу Александровичу

Тема работы:

Проектирование ректификационной колонной установки для разделения бинарной смеси метанол-вода	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	28.04.2018, 3067/С
Срок сдачи студентом выполненной работы:	16.06.2018

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	<p>Расчет ректификационной колонны непрерывного действия с ситчатыми тарелками для разделения бинарной смеси метанол-вода.</p> <p>Производительность колонны по исходной смеси 14 000 кг/час = 3,8888 кг/с.</p> <p>Содержание легколетучего компонента в массовых %:</p> <p>в исходной смеси 45 %;</p> <p>в дистилляте 99,8%;</p> <p>в кубе не более 0,2 %.</p>
--	---

	<p>Исходная смесь питания поступает в колонну при температуре 83,3 °С. Давление паров метанола при 100°С равно 0,2032 МПа. Расчетное давление в колонне принимаем - 0,2032 МПа.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Технологический расчет включает в себя: <ul style="list-style-type: none"> описание схемы производства; составление материального баланса колонны; расчет оптимального флегмового числа, числа теоретических и реальных тарелок; расчет оптимального диаметра; расчет гидравлического сопротивления тарелок; расчет высоты колонны; тепловой расчет установки; 2. Конструктивно-механический расчет: <ul style="list-style-type: none"> выбор материала ректификационной колонны; расчет толщины стенки цилиндрической обечайки, крышки и днища; расчет штуцеров; расчет укрепления отверстий; расчет фланцев; расчет тарелок на прогиб; расчет ветровой нагрузки; расчет опорной обечайки; расчет тепловой изоляции. 3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: <ul style="list-style-type: none"> анализ рынка метанола в России; SWOT-анализ; расчет основных экономических показателей производства; построение графика безубыточности. 4. Социальная ответственность: <ul style="list-style-type: none"> производственная безопасность; экологическая безопасность; безопасность при чрезвычайных ситуациях; правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Лист 1 - Общий вид ректификационной колонны (A1). Лист 2 - Выносные элементы ректификационной колонны (A1); Лист 3 - Технологическая схема (A1); Лист 4 - Экономические показатели (A1).
---	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Механический расчет оборудования	Беляев Василий Михайлович
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Татьяна Гавриловна
Социальная ответственность	Ларионова Екатирина Владимировна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тихонов В.В.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2К31	Василенко Остап Александрович		

РЕФЕРАТ

В дипломном проекте рассчитана ректификационная колонна разделения бинарной смеси метанол-вода, с ситчатыми тарелками с отбойными элементами. Приведены расчеты основных технологических и конструктивных показателей аппарата, произведен тепловой расчет и расчет гидравлического сопротивления тарелок.

Произведен анализ и расчет технико-экономических показателей данного производства, найдена точка безубыточности для нескольких рыночных цен. Определены вредные и опасные производственные факторы, предложены способы снижения негативного воздействия на организм человека.

Дипломный проект содержит расчетно-пояснительную записку из 150 страниц текста, 25 таблиц, 21 рисунка, 51 литературных источника и графическую часть из 4 листов формата А1.

Ключевые слова: ректификация, колонна, ситчатая тарелка, метанол, тарельчатая колонна.

					ФЮРА РКУ ООО ООО ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		7

Abstract

The rectification column of separation the binary mix of methanol-water with perforated plates was designed in this diploma project. Calculations of basic technical and constructive performances of apparatus heat calculations and calculations of hydraulic resistance of plates were shown.

Analysis and calculation of tech-economical performances of the particular production were shown. The break-even point for several prices was found. Hazardous and dangerous production factors were identified. Methods of reduction of negative impact on human body were suggested.

This diploma project consist of calculate-explanatory note with 150 pages, 25 tables, 21 images, 51 literature sources and graphical part of 4 sheets in A1 format.

Key words: rectificatin, column, perforated plates, methanol, plated column.

					ФЮРА РКУ ООО ООО ПЗ	Лист
						8
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	11
1. Схема и описание установки.	14
2. Технологический расчет.	18
2.1 Материальный баланс и определение рабочего флегмового числа.	19
2.2 Определение теоретического числа тарелок.	26
2.3 Средние массовые расходы пара и жидкости в верхней и нижней частях колонны.	27
2.4 Скорость пара и диаметр колонны.	28
2.5 Гидравлический расчёт тарелок.	31
2.6 Высота колонны.	36
3. Тепловой расчет установки.	40
3.1 Выбор конструкционных материалов.	43
4. Конструкционно-механический расчёт установки.	44
4.1 Расчёт толщины обечайки колонного аппарата.	47
4.2 Подбор крышки и днища.	51
4.3 Расчёт штуцеров.	53
4.4 Расчет необходимости укрепления отверстий в корпусе, крышке и днище колонного аппарата.	56
4.5 Расчет фланцев.	64
4.6 Расчет тарелок на прогиб.	79
4.7 Расчет ветровой нагрузки.	84
4.8 Расчет опоры аппарата.	92
4.9 Расчет теплоизоляции.	96
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	97
5.1 SWOT-анализ.	100
5.2 Экономический расчет.	101

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ ООО ООО ПЗ

Лист

9

5.2.1 Расчет производственной мощности.	101
5.2.2 Расчет себестоимости готовой продукции.	104
5.2.3 Расчет капитальных затрат.	114
5.2.4 Расчет технологических затрат.	117
5.2.5 Калькуляция себестоимости получения 1т. товарного метанола.	119
6. Социальная ответственность.	129
6.1 Производственная безопасность.	133
6.1.1 Выявление вредных и опасных факторов при эксплуатации ректификационной колонны.	134
6.2 Экологическая безопасность.	140
6.3 Безопасность при чрезвычайных ситуациях.	141
6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	143
Заключение.	144
Список используемой литературы.	145

На отдельных листах:

Лист 1 - Общий вид ректификационной колонны (A1).

Лист 2 - Выносные элементы ректификационной колонны (A1);

Лист 3 - Технологическая схема (A1);

Лист 4 - Экономические показатели (A1).

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ ООО ООО ПЗ

Лист

10

Введение

Ректификация – процесс разделения смесей высоколетучих смесей путем массообмена и теплообмена между жидкой и паровой фазами (неравновесными), при разнице температур и противонаправленном движении.

Ректификационными процессами начали пользоваться с XIX века, при этом они являлись одними из важнейших технологических процессов в нефтяной и спиртовой промышленности. На данный момент ректификация применяется в различных областях химической промышленности, в основном там, где необходима высокая чистота выделяемого компонента (органический синтез, полупроводники, изотопы и др.).

Разделение осуществляется обычно в колонных аппаратах при многократном или непрерывном контакте фаз. При каждом контакте из жидкости испаряется преимущественно низкокипящий компонент, которым обогащаются пары, а из паровой конденсируется преимущественно высококипящий компонент, переходящий в жидкость. В результате обмена компонентами между фазами, в конечном счете, пары представляют собой почти чистый низкокипящий компонент. Эти пары, выходящие из верхней части колонны после их конденсации в отдельном аппарате дают дистиллят (верхний продукт) и флегму - жидкость, возвращающую для орошения колонны и взаимодействия с поднимающимися в колонне парами. Снизу удаляется жидкость, представляющая собой почти чистый высококипящий компонент - кубовый остаток (нижний продукт). Часть остатка испаряют в нижней части колонны для получения восходящего потока пара. Достаточно высокая степень разделения однородных жидких смесей на компоненты может быть достигнута путем ректификации

Процессы ректификации могут осуществляться периодически (дистилляция) или непрерывно (ректификация) при разных видах внешнего

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ 000 000 ПЗ

Лист

11

давления: под разряжением, при атмосферном давлении, а также под нагнетенным давлением.

Преимущества непрерывной ректификации по сравнению с периодической:

1) условия работы установки не изменяются в ходе процесса, что позволяет установить точный режим, упрощает обслуживание и облегчает автоматизацию процесса;

2) отсутствуют простои между операциями, что приводит к повышению производительности установки;

3) расход тепла меньше, причем возможно использование тепла остатка на подогрев исходной смеси в теплообменнике.

Благодаря перечисленным преимуществам в производствах крупного масштаба применяют главным образом непрерывную ректификацию, периодические процессы ректификации находят применение лишь в небольших, неравномерно работающих или малых производствах.

Ректификационные колонны необходимы для проведения процессов массообмена в химической, нефтехимической и других отраслях промышленности. Корпуса аппаратов работающих при больших давлениях (до 4 МПа) и аппаратов с диаметром более 1200 мм выполняют полностью сварными. Аппараты с диаметром 400-1000 мм и при давлении не более 1,6 МПа изготавливают в царговом исполнении (большие фланцы между частями корпуса).

Колонны диаметром от 400мм до 4000 мм оснащают стандартными контактными и распределительными тарелками, опорами, люками, днищами и фланцами. На корпусе полностью сварного аппарата необходимо расположить люки-лазы для проникновения монтажного и ремонтного персонала.

Разнообразие тарелок разных типов затрудняет выбор оптимальной конструкции для заданного производства. Также, согласно с общими требованиями (производительность аппарата относительно его объема, его

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ 000 000 ПЗ

Лист

12

стоимость, габариты и т.д.) некоторые требования могут определяться уникальностью заданного производства: большой интервал устойчивой работы при изменении нагрузок по фазам, загрязненные жидкости и слишком вязкие жидкости, высококоррозионные составляющие процесса и т.п. Очень часто эти разнообразные качества становятся основными в определении пригодности конструкции тарелок для использования в конкретном заданном процессе [1].

					ФЮРА РКЧ 000 000 ПЗ	Лист
						13
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

1. Схема и описание установки.

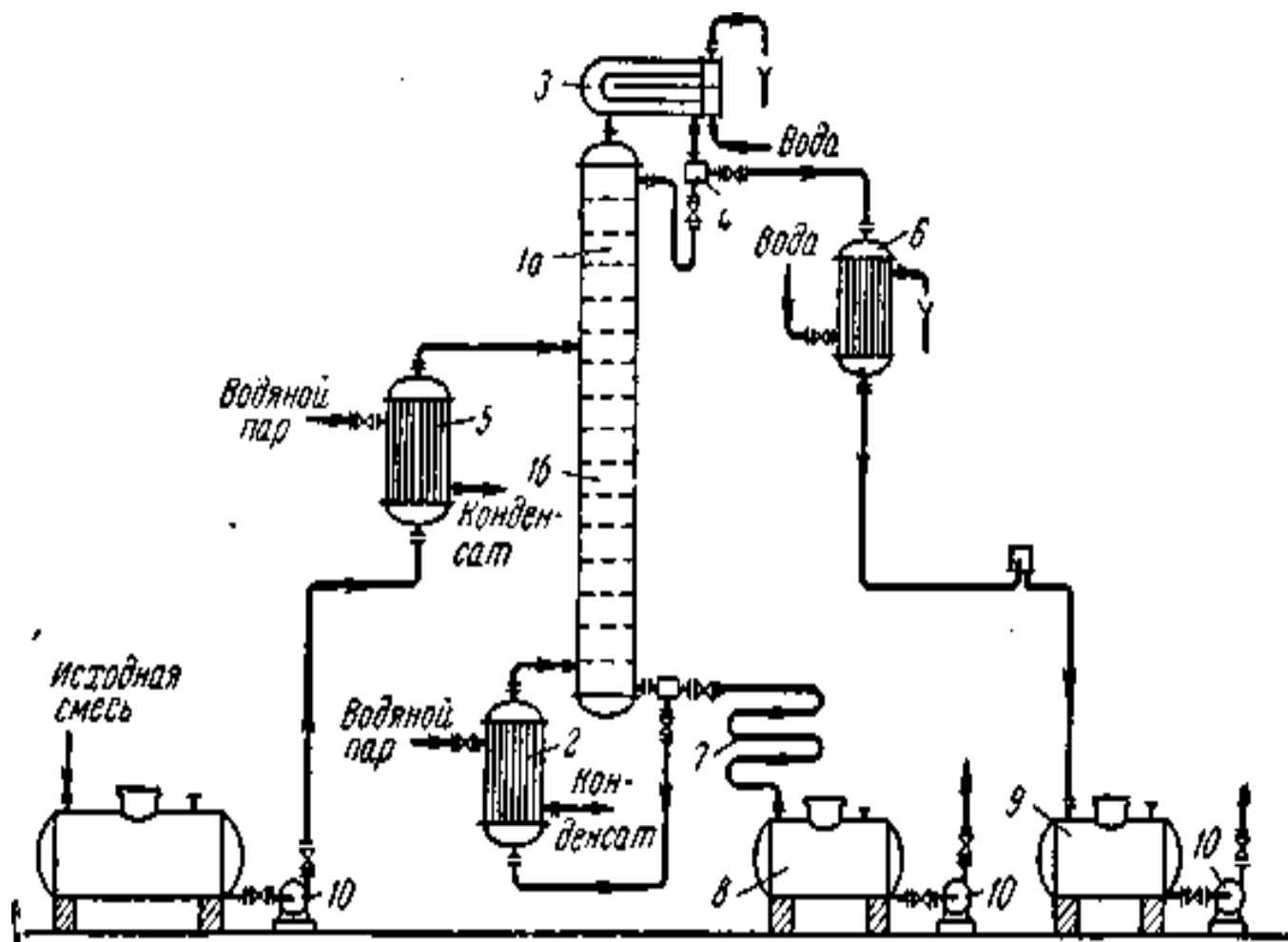


Рис.1. Технологическая схема непрерывно действующей ректификационной колонной установки:

1 – Ректификационная колонна; 2 – кипяtilьный теплообменник; 3 – дефлегматор(охладитель паров до флегмы); 4 – разделитель флегмы(согласно рассчитываемому флегмовому числу); 5 – подогревательный теплообменник (для исходной смеси); 6 – холодильник-теплообменник(конденсатор); 7 – холодильник кубового остатка; 8,9 – сборники/резервуары накопители; 10 – насосная аппаратура.

Колонна 1 имеет цилиндрический корпус с установленными внутри тарелками в качестве контактных устройств(также бывают колонны заполненные насадкой). Пары по колонне движутся снизу поступая из кипяtilьника 2, располагающегося вне колонны (также существуют варианты

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ 000 000 ПЗ

Лист

14

с размещением непосредственно под колонной). Пары проходят через жидкость стекающую с последней тарелки.

Допустим концентрацию жидкости на последней тарелке равной x_1 (по низкокипящему компоненту(НКК)), а ее температуру t_1 . Взаимодействие жидкости и пара(с более высокой температурой) заставляет частично испаряться жидкость, при этом в паровую фазу переходит в основном НКК. На следующую снизу тарелку следовательно поступает пар с содержанием НКК большим чем содержание его в жидкости на предыдущей(снизу) тарелки.

Испарение жидкости на тарелке происходит за счет тепла конденсации пара. Из пара конденсируется и переходит в жидкость преимущественно высококипящий компонент, содержание которого в поступающем на тарелку паре выше равновесного с составом жидкости на тарелке. При равенстве теплот испарения компонентов бинарной смеси для испарения 1 моль низкокипящего компонента необходимо сконденсировать 1 моль высококипящего компонента, т.е. фазы на тарелке обмениваются эквимолекулярными количествами компонентов.

На второй тарелке жидкость имеет состав x_2 , содержит больше низкокипящего компонента, чем на первой ($x_2 > x_1$), и соответственно кипит при более низкой температуре ($t_2 < t_1$). Соприкасаясь с ней, пар состава y_1 частично конденсируется, обогащается низкокипящим компонентом и удаляется на вышерасположенную тарелку, имея состав $y_2 > x_2$, и т. д.

Таким образом, пар, представляющий собой на выходе из кипятильника почти чистый высококипящий компонент, по мере движения вверх все более обогащается низкокипящим компонентом и покидает верхнюю тарелку колонны в виде почти чистого НКК, который почти полностью превращается в паровую фазу по пути пара от кипятильника до дефлегматора.

Далее пар конденсируется в дефлегматоре 3, охлаждаемом в основном водой, далее полученная жидкость разделяется по потокам в делителе флегмы 4, на дистиллят и флегму соответственно, флегма отправляется обратно на

верхнюю (первую) тарелку колонного аппарата. Это означает, что с помощью дефлегматора 3 и делителя 4 в самой колонне создается нисходящий поток жидкости, обеспечивающий постоянность процесса.

Флегма является практически чистым НКК. Стекая по колонне и взаимодействуя с парами, жидкость более насыщается высококипящим компонентом(ВКК), который конденсируется из паров. При достижении нижней тарелки, жидкость имеет состав практически соответствующий чистому ВКК и далее продолжает путь в кипятильник, который в свою очередь греется глухим паром, или подходящим процессу теплоносителем.

На расчетную тарелку на некотором расстоянии от ввода флегмы к процессу присоединяется исходная смесь, поступающая на расчетную питающую тарелку колонны. Данная смесь нагревается перед подачей в колонну в подогревателе 5 до температуры соответствующей температуре кипения заданной смеси, данное действие снижает нагрузку на кипятильник. Питающая тарелка делит колонный аппарат на мнимые две части, так называемые укрепляющая и исчерпывающая части. В верхней части (от питающей тарелки до верха колонны) 1а обеспечивается как можно большее укрепление паров, т.е. насыщение их НКК с той целью, чтобы в дефлегматор поступали пары приближенные по составу к чистому НКК. Отсюда получается и название - укрепляющая. В нижней части (от низа колонны до тарелки питания) 1б, следовательно, необходимо извлечь из жидкости максимально возможное количество НКК, т.е. исчерпать жидкость по составу затем, чтобы в кипятильную часть колонны сливалась жидкость, по составу соответствующая ВКК, эта часть колонны по той же логике была названа исчерпывающей. Дефлегматор 3 может сконденсировать непосредственно все пары или только их часть соответствующую количеству возвращаемой флегмы, соответствующей расчетному флегмовому числу.

В первом варианте та часть сконденсировавшегося пара, которая остается после отделения флегмы, является ректификатом (дистиллятом) или верхним

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ 000 000 ПЗ

Лист

16

продуктом, после охлаждения которого в холодильнике 6 отправляется на резервуар или сборник накопитель НКК 9. Во втором варианте несконденсированные в дефлегматоре пары конденсируются и подвергаются охлаждению непосредственно в холодильнике 6 в одно и то же время, при таком варианте холодильник 6 является одновременно конденсатором и холодильником НКК. Кубовый остаток (выходящий из низа колонны) также разделяется на две части, одна из которых идет в кипятильник, оставшаяся – после охлаждения в холодильнике 7 отправится в резервуар или сборник ВКК 8. [1].

					ФЮРА РКЧ ООО ООО ПЗ	Лист
						17
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

2. Технологический расчет.

					ФЮРА РКУ 000 000 ПЗ				
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ.	Литера	Лист	Листов	
Студент	Василенко О.А					Д	18	25	
Руковод.	Тихонов В.В.					НИ ТПУ		ИШНПТ	
Конс.						Группа		3-2К31	
Н.контр.									
Ручов.	ООП								

2.1 Материальный баланс и определение рабочего флегмового числа.

Рассчитаем расход дистиллята и кубового остатка по уравнениям 9.8, 9.9 [1.стр129]:

-кубовый остаток:

$$W = \frac{F(\chi_P - \chi_F)}{\chi_P - \chi_W} = \frac{14(0.998 - 0.45)}{0.998 - 0.002} = 7.703 \text{ т / час} = 2.1397 \text{ кг / с}$$

-дистиллят:

$$P = F - W$$

$$P = 14 - 7.703 = 6.297 \text{ т / час} = 1.7491 \text{ кг / с}$$

Определим концентрации питания, дистиллята и кубового остатка в мольных долях ($\mu_M = 32$ г/моль, $\mu_{H_2O} = 18$ г/моль):

$$x_F = \frac{\bar{x}_F / M_M}{\bar{x}_F / M_M + (1 - \bar{x}_F) / M_{H_2O}}$$

Питание:

$$X_F = \frac{45/32}{\frac{45}{32} + \frac{55}{18}} = 0.3152 \frac{\text{кмоль}}{\text{кмоль.смеси}}$$

Дистиллят:

$$X_P = \frac{99.8/32}{\frac{99.8}{32} + \frac{0.2}{18}} = 0.9964 \frac{\text{кмоль}}{\text{кмоль.смеси}}$$

Кубовый остаток:

$$X_W = \frac{0.2/32}{\frac{0.2}{32} + \frac{99.8}{18}} = 0.0011 \frac{\text{кмоль}}{\text{кмоль.смеси}}$$

Вычислим равновесные составы фаз для метанол-водяной смеси при атмосферном давлении, считая, что смесь характеризуется законом Рауля. Расчёт представлен в таблице 1.



Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ 000 000 ПЗ

Лист

19

Таблица 1. Парожидкостное равновесие системы метанол-вода.

$T, ^\circ\text{C}$	$P_M,$ мм. рт. ст.	$P_{H_2O},$ мм. рт. ст.	$\Pi,$ мм. рт. ст.	$x = (\Pi - P_{H_2O}) / (P_M - P_{H_2O})$	$y = (P_M / \Pi)x$
64.4	760,0	182.78	760	1	1
70	927	233.8	760	0.759	0.926
74	1095	277.4	760	0.59	0.8502
80	1341	355.3	760	0.411	0.725
83.3	1528	406.57	760	0.3152	0.6337
88	1790	487.2	760	0.209	0.4922
92	2045	567.2	760	0.13	0.35
96	2335	657.7	760	0.061	0.1874
100	2621	760	760	0	0

Полученные данные наносим в виде кривых в координатах $t-x, y$ и $y-x$ (см. рис. 2, 3).

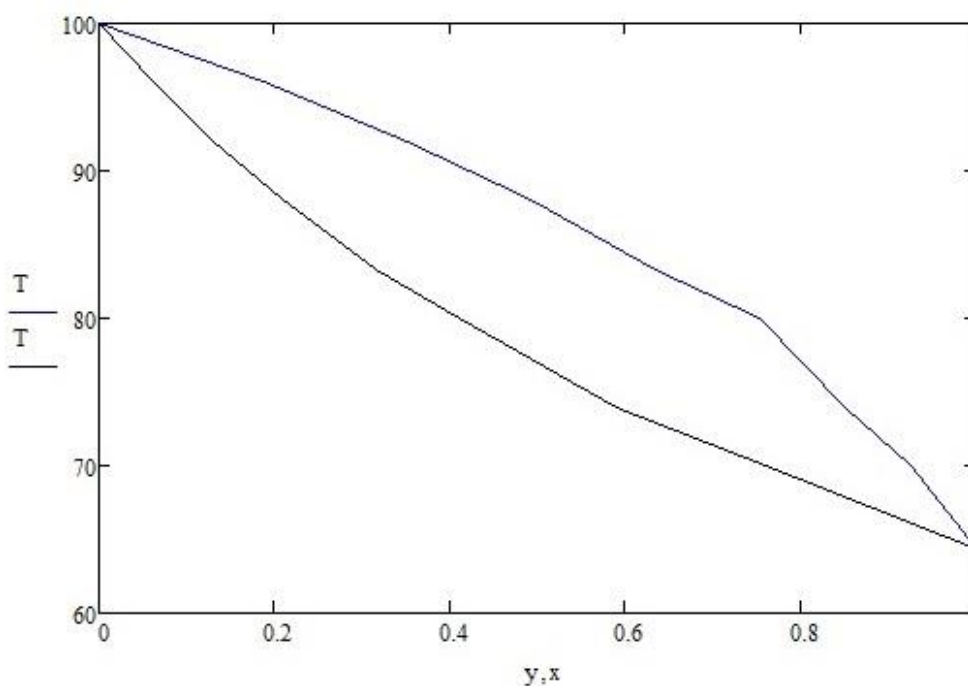


Рис. 2. Фазовая диаграмма $t-x, y$ системы метанол-вода.

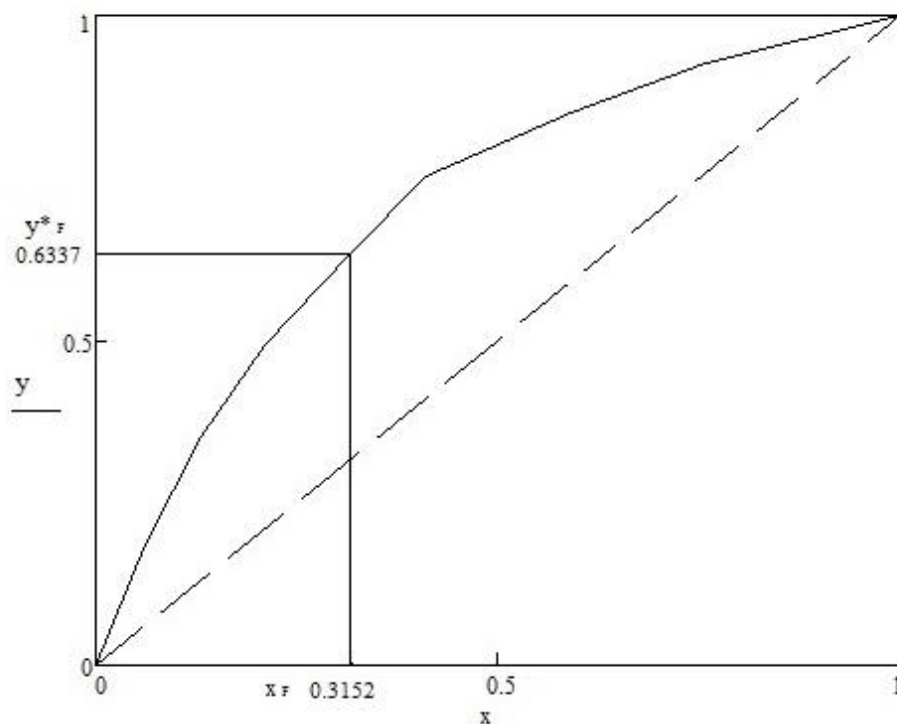


Рис. 3. Диаграмма равновесия между паром и жидкостью в системе метанол-вода.

По диаграмме y^*-x находим y_F^* при $x_F=0.3125$: $y_F^*=0.6337$.

По формуле 9.13 определим минимальное флегмовое число. [1,стр132]

$$R_{\min} = \frac{0.9964 - 0.6337}{0.6337 - 0.3152} = 1.139$$

Оптимальное флегмовое число R :

$R = \beta \cdot R_{\min}$, где β – коэффициент избытка флегмы (примем произвольно):

$$R_1 = 1.05 \cdot 1.139 = 1.19595$$

$$R_2 = 1.35 \cdot 1.139 = 1.53765$$

$$R_3 = 1.7 \cdot 1.139 = 1.9363$$

$$R_4 = 2.05 \cdot 1.139 = 2.335$$

$$R_5 = 2.3 \cdot 1.139 = 2.6197$$

$$R_6 = 1.58 \cdot 1.139 = 1.8$$

Найдем число B для каждого варианта [1,стр131]:

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ ООО ООО ПЗ

Лист

21

$$B = x_p / R + 1$$

$$B_1 = 0.9964 / (1.19595 + 1) = 0.4537;$$

$$B_2 = 0.9964 / (1.53765 + 1) = 0.3926;$$

$$B_3 = 0.9964 / (1.9363 + 1) = 0.3393;$$

$$B_4 = 0.9964 / (2.335 + 1) = 0.3081;$$

$$B_5 = 0.9964 / (2.6197 + 1) = 0.2753;$$

$$B_6 = 0.9964 / (1.8 + 1) = 0.3559;$$

Построим диаграммы равновесия x, y . На диаграммах отложим значения B , затем проведем рабочие линии укрепляющей и исчерпывающей части колонны и нанесем линии обозначающие теоретические тарелки. По количеству пиков, определим число теоретических тарелок (N_T).

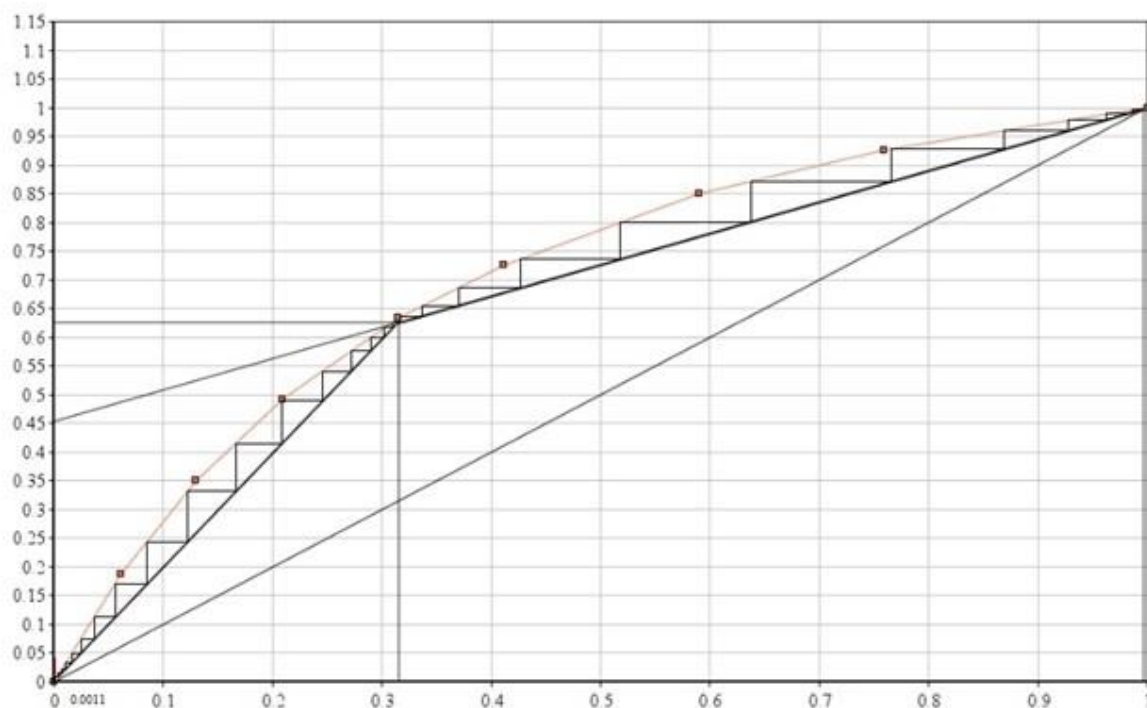


Рис. 4. Диаграмма равновесия между паром и жидкостью при флегмовом числе $R_1 = 1.19595$.

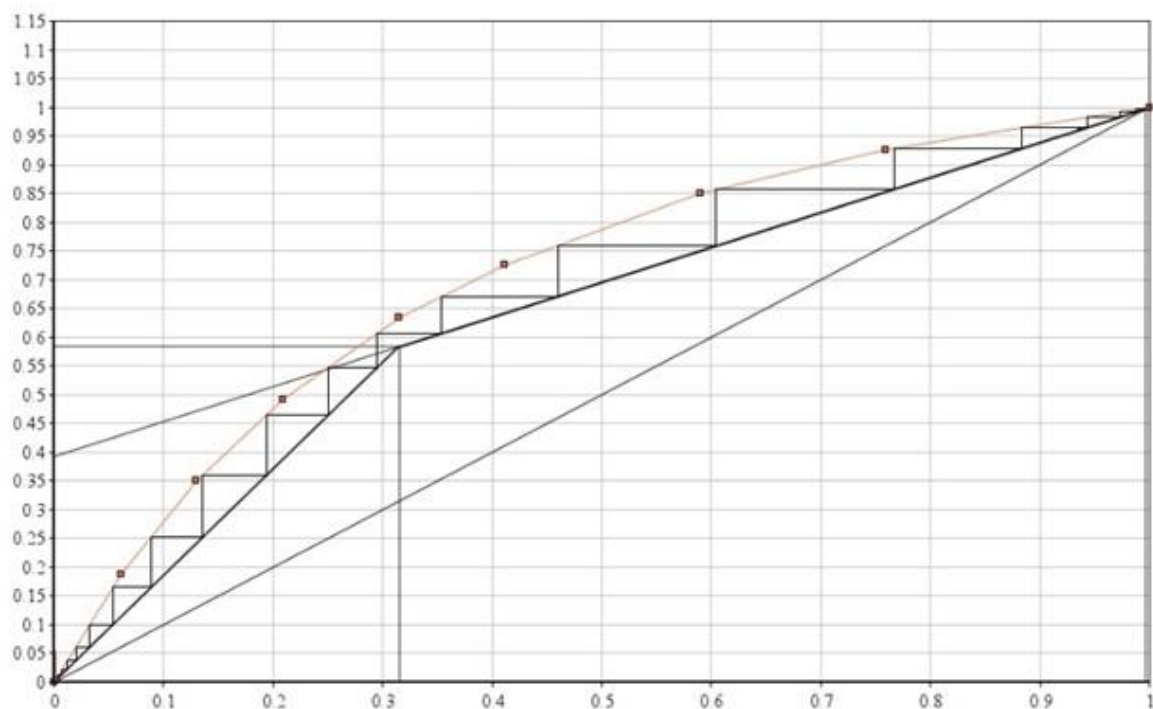


Рис. 5. Диаграмма равновесия между паром и жидкостью при флегмовом числе $R_2=1.53765$.

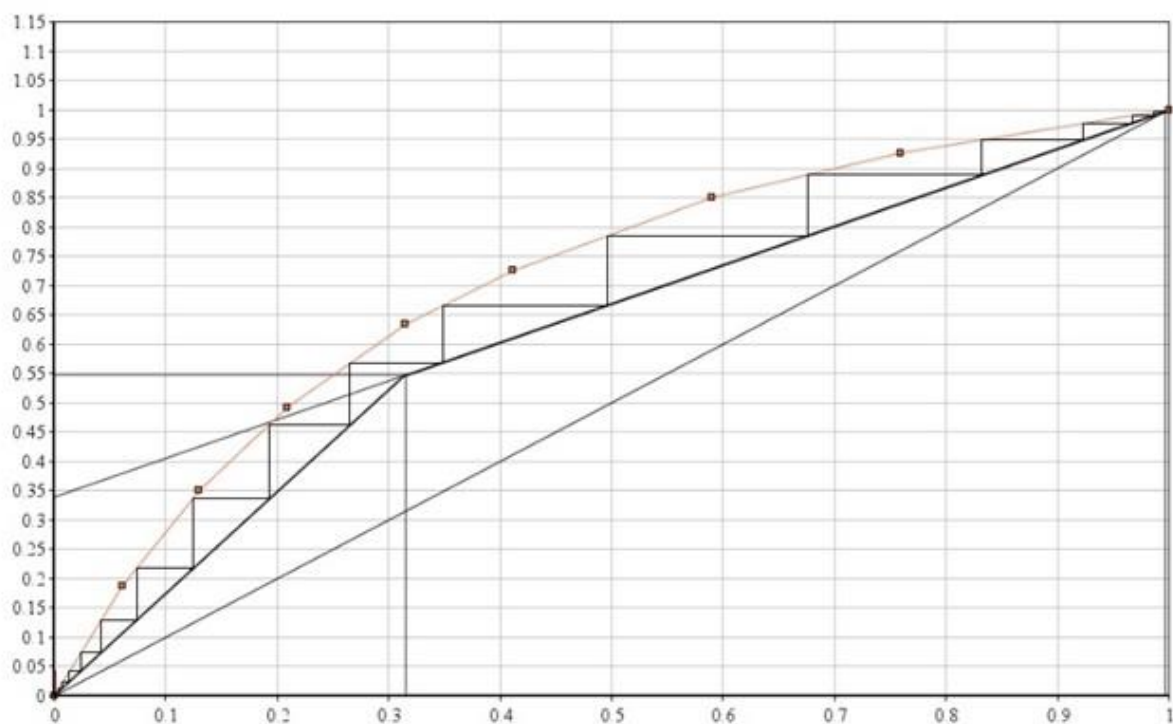


Рис. 6. Диаграмма равновесия между паром и жидкостью при флегмовом числе $R_3=1.9363$.

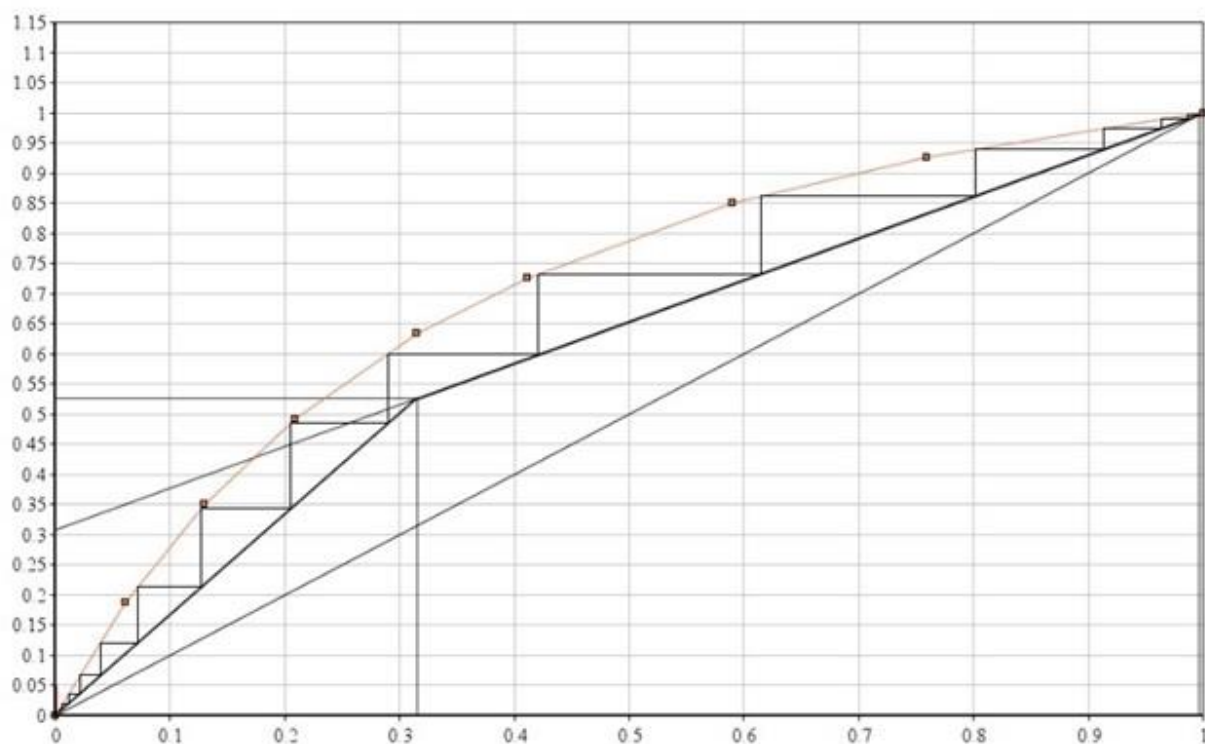


Рис. 7. Диаграмма равновесия между паром и жидкостью при флегмовом числе $R_4=2.335$.

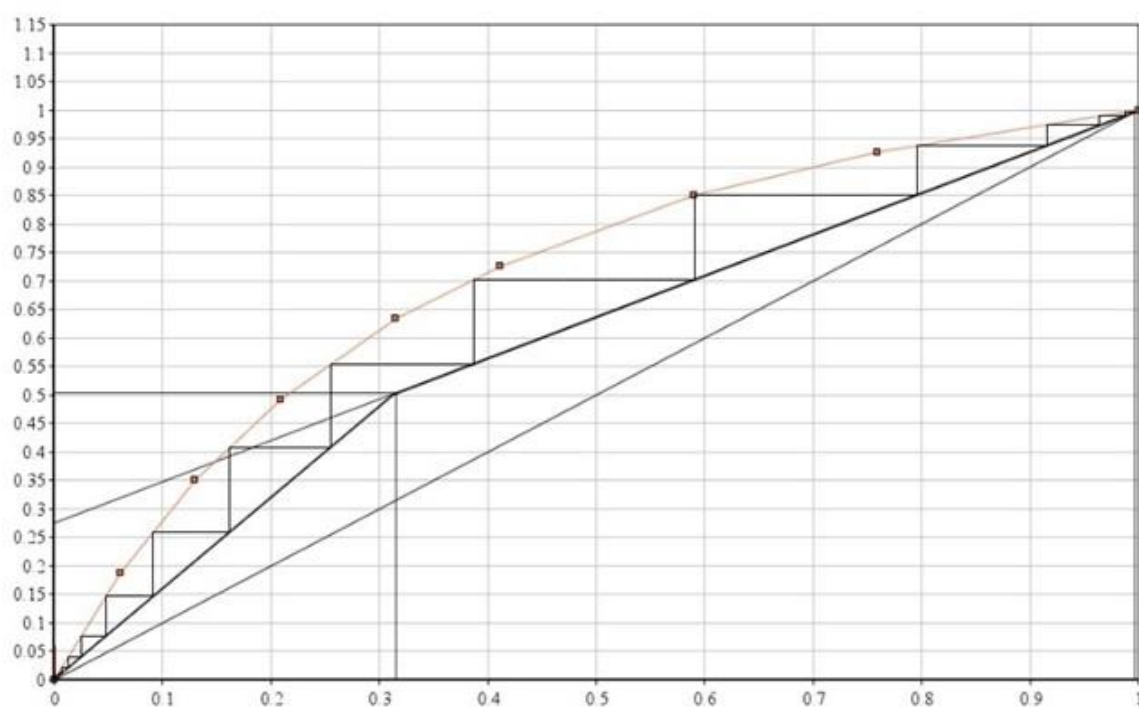


Рис. 8. Диаграмма равновесия между паром и жидкостью при флегмовом числе $R_5=2.6197$.

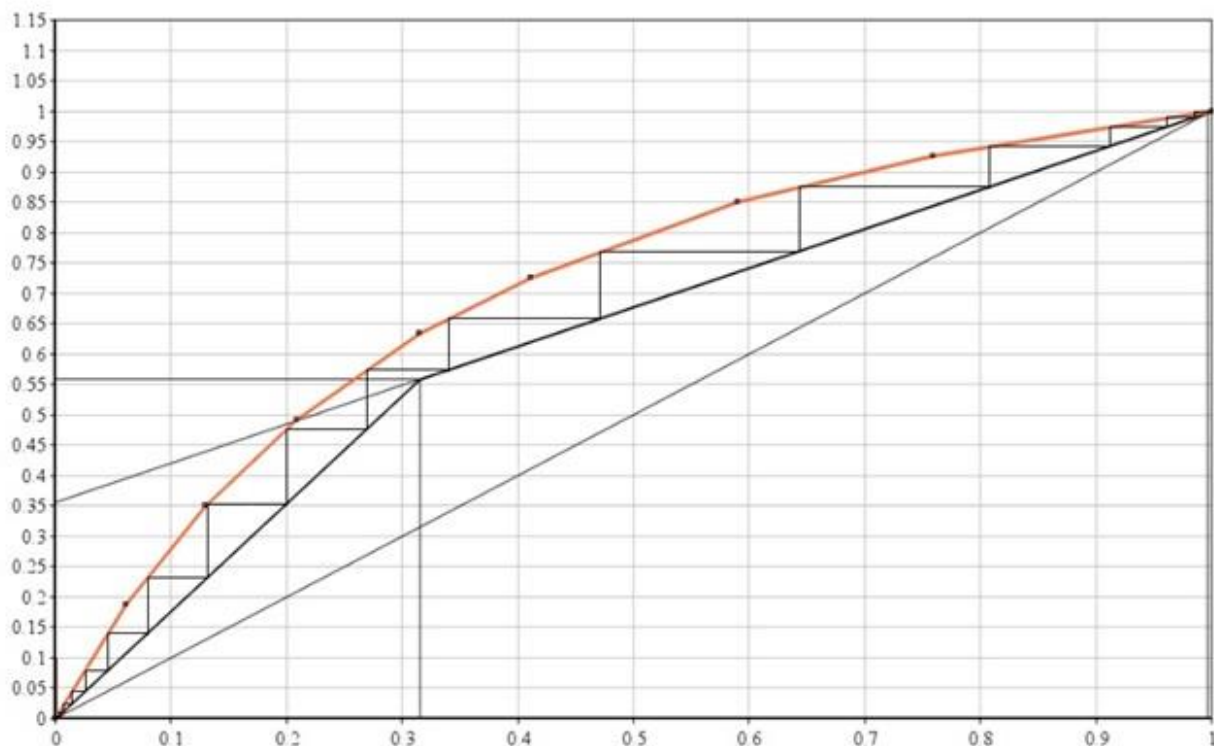


Рис. 9. Диаграмма равновесия между паром и жидкостью при флегмовом числе $R_6=1.8$.

Занесем полученные данные в таблицу 2 и построим по ней график зависимости.

Таблица 2.

R	1.19595	1.53765	1.9363	2.335	2.6197	1.8
N_m	28	20	17	16	15	17
$N_m^*(R+1)$	61.5	50.753	49.92	53.36	54.3	47.6

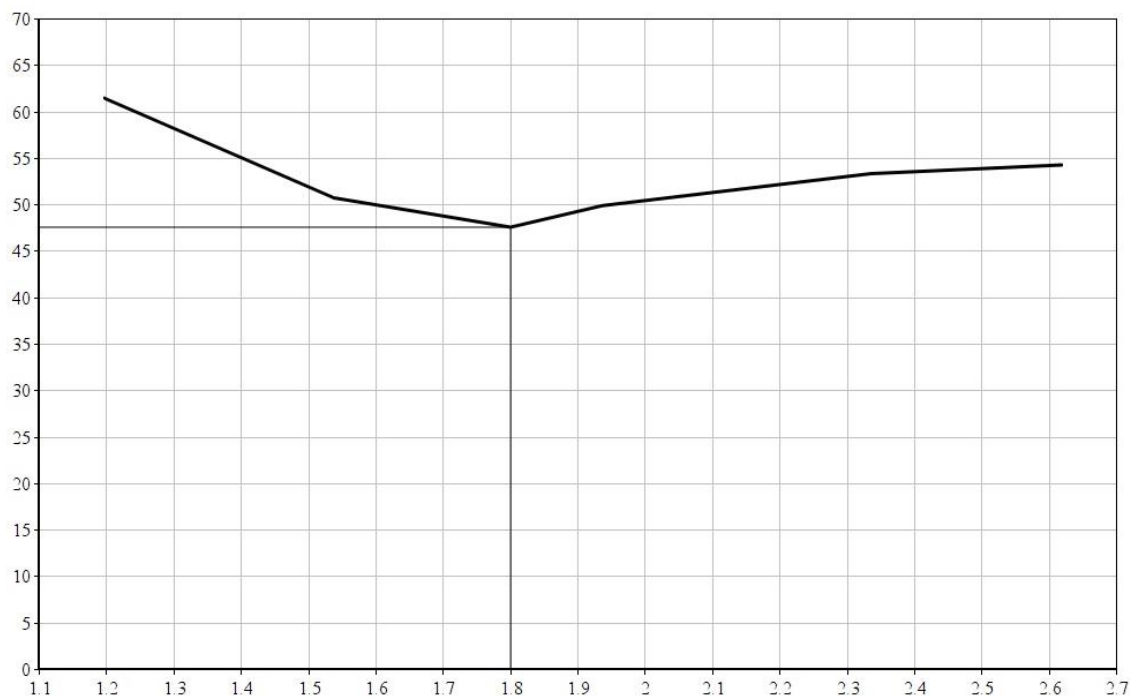


Рис. 10. График зависимости R от $N_m^*(R+1)$.

По рис. 10 определим наиболее подходящее фл. число равное $R=1.8$.

2.2 Определение теоретического числа тарелок.

Вычислим уравнение рабочей линии верхней части колонны по формуле 9.11 при $X_p=0.9964$, $R=1.8$ [1.стр130]:

$$y = \frac{R}{R+1} * x + \frac{X_p}{R+1} = \frac{1.8}{2.8} * x + \frac{0.9964}{2.8} = 0.643x + 0.356$$

Определим количество ступеней по рисунку 8.

С 8 ступени стекает жидкость по составу близкая к исходной смеси

($X_F = 0.3152 \frac{\text{кмоль}}{\text{кмоль.смеси}}$), значит примем 8 ступень, как ступень питания.

$$X_0=Y_1=X_p=0.9964$$

Для определения составов жидкости и пара будем пользоваться уравнением рабочей линии для нижней части колонны.

Уравнение найдем по формуле (9.12)[1]:

$$y = \frac{R+f}{R+1} * x + \frac{1-f}{R+1} X_w, \text{ где } f = F / P = 14 / 6.297 = 2.223$$

$$y = \frac{1.8+2.223}{2.8} * x + \frac{(1-2.223)0.0011}{2.8} = 1.4368x - 0.00048$$

По графику: с 17-й ступени сходит жидкость, состав по метанолу в которой близок к содержанию его в кубовом остатке ($X_w=0.0011$).

Отсюда следует, что при подаче исходной смеси на 8-ую ступень для прохождения процесса необходим аппарат с 17 теоретическими ступенями.

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ ООО ООО ПЗ

Лист

26

2.3 Средние массовые расходы пара и жидкости в верхней и нижней частях колонны.



Рассчитаем средний мольный состав жидкости в верхней и нижней частях колонны:

$$X_{\text{ср.В}} = (0.3152 + 0.9964) / 2 = 0.6558 \text{ кмоль/кмоль.смеси}$$

$$X_{\text{ср.Н}} = (0.3152 + 0.0011) / 2 = 0.15815 \text{ кмоль/кмоль.смеси}$$

Рассчитаем средний мольный состав пара в верхней и нижней частях колонны:

$$Y_{\text{ср.В}} = 0.643 * 0.6558 + 0.356 = 0.772 \text{ кмоль/кмоль.смеси}$$

$$Y_{\text{ср.Н}} = y = 1.4368 * 0.15815 - 0.00048 = 0.22675 \text{ кмоль/кмоль.смеси}$$

Определим средние молярные массы жидкости в верхней и нижней частях колонны:

$$M_{\text{В}} = 32 * 0.6558 + 18(1 - 0.6558) = 27.18 \text{ кг/моль}$$

$$M_{\text{Н}} = 32 * 0.15815 + 18(1 - 0.15815) = 20.21 \text{ кг/моль}$$

Определим средние молярные массы пара в верхней и нижней частях колонны:

$$M'_{\text{В}} = 32 * 0.772 + 18(1 - 0.772) = 28.8 \text{ кг/моль}$$

$$M'_{\text{Н}} = 32 * 0.22675 + 18(1 - 0.22675) = 21.174 \text{ кг/моль}$$

Определим молярные массы исходной смеси и дистиллята:

$$M_{\text{F}} = 32 * 0.3152 + 18(1 - 0.3152) = 22.41 \text{ кг/моль}$$

$$M_{\text{P}} = 32 * 0.9964 + 18(1 - 0.9964) = 31.95 \text{ кг/моль}$$

Рассчитаем средние массовые расходы по жидкости для верхней и нижней частей колонны:

$$L_{\text{В}} = 1.7491 * 1.8 * 27.18 / 31.95 = 2.68 \text{ кг/с}$$

$$L_{\text{Н}} = 1.7491 * 1.8 * 20.21 / 31.95 + 3.89 * 20.21 / 22.41 = 5.5 \text{ кг/с}$$

Рассчитаем средние массовые расходы пара для верхней и нижней частей колонны:

$$G_{\text{В}} = 1.7491 * (1 + 1.8) * 28.8 / 31.95 = 4.41 \text{ кг/с}$$

$$G_{\text{Н}} = 1.7491 * (1 + 1.8) * 21.174 / 31.95 = 3.245 \text{ кг/с}$$

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ 000 000 ПЗ

Лист

27

2.4 Скорость пара и диаметр колонны.

Средние температуры определим по диаграмме t-x,y:

при $Y_{\text{ср.В}}=0.772$ кмоль/кмоль.смеси $\rightarrow t_{\text{ср.В}}=77,37^{\circ}\text{C}$

при $Y_{\text{ср.Н}}=0.22675$ кмоль/кмоль.смеси $\rightarrow t_{\text{ср.Н}}=95,03^{\circ}\text{C}$

Определим среднюю температуру в колонне

$$T_{\text{ср}}=(77,37+95,03)/2=86,2^{\circ}\text{C}$$

Найдём средние плотности пара:

-при $t_{\text{ср.В}}=77,37^{\circ}\text{C}$:

$$\rho_{y.в} = \frac{28.8 \cdot 273}{22.4(273 + 77,37)} = 1.0018 \text{ кг} / \text{м}^3$$

-при $t_{\text{ср.Н}}=95,03^{\circ}\text{C}$:

$$\rho_{y.н} = \frac{21.174 \cdot 273}{22.4(273 + 95,03)} = 0.7012 \text{ кг} / \text{м}^3$$

Средняя плотность пара в колонне:

$$\rho_{\text{г}}=(1.0018+0.7012)/2=0.8515 \text{ кг} / \text{м}^3$$

Рассчитаем среднюю плотность жидкости.

Сначала определим плотность жидкого метанола и воды при $t_{\text{ср.В}}=77,37^{\circ}\text{C}$ и $t_{\text{ср.Н}}=95,03^{\circ}\text{C}$ интерполяцией с использованием справочной информации по плотности веществ [4,стр.547,555]:

При $t_{\text{ср.В}}=77,37^{\circ}\text{C}$:

$$\rho_{\text{м}}^{77,37} \approx 738.26 \text{ кг} / \text{м}^3$$

$$\rho_{\text{H}_2\text{O}}^{77,37} \approx 973.23 \text{ кг} / \text{м}^3$$

При $t_{\text{ср.Н}}=95,03^{\circ}\text{C}$:

$$\rho_{\text{м}}^{95,03} \approx 719.467 \text{ кг} / \text{м}^3$$

$$\rho_{\text{H}_2\text{O}}^{95,03} \approx 961.868 \text{ кг} / \text{м}^3$$

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ ООО ООО ПЗ

Лист

28

Рассчитаем среднюю плотность жидкости в верхней и нижней частях колонны:

$$\rho_{x.в} = 738.26 * 0.6558 + 973.23(1 - 0.6558) = 819.136 \text{ кг} / \text{м}^3$$

$$\rho_{x.н} = 719.467 * 0.15815 + 961.868(1 - 0.15815) = 923.532 \text{ кг} / \text{м}^3$$

Средняя плотность жидкости в колонне:

$$\rho_{жс} = \frac{819.136 + 923.532}{2} = 871.334 \text{ кг} / \text{м}^3$$

Определим скорость пара в верхней и нижней частях колонны [2.стр322], примем расстояние между тарелками $h=450$ мм; для ситчатых тарелок найдем по графику $C-h$ коэффициент $C=0.067$ [2.стр323].

-в верхней части колонны

$$\omega_B = 0.067 * \sqrt{\frac{871.334}{1.0018}} = 1.976 \text{ м} / \text{с}$$

-в нижней части колонны

$$\omega_H = 0.067 * \sqrt{\frac{871.334}{0.7012}} = 2.36 \text{ м} / \text{с}$$

Диаметр колонны [2.стр321]:

-в верхней части колонны

$$D_B = \sqrt{\frac{4 * 4.41}{3.14 * 1.0018 * 1.976}} = 1.684 \text{ м}$$

-в нижней части колонны

$$D_H = \sqrt{\frac{4 * 3.245}{3.14 * 0.7012 * 2.36}} = 1.58 \text{ м}$$

Рассчитаем скорость пара в колонне при принятом диаметре D=1800 мм:

- в верхней части колонны

$$\omega_B = \frac{4 * 4.41}{3.14 * 1.0018 * (1.8)^2} = 1.73 \text{ м / с}$$

- в нижней части колонны

$$\omega_H = \frac{4 * 3.245}{3.14 * 0.7012 * (1.8)^2} = 1.82 \text{ м / с}$$

Средняя скорость пара:

$$\omega_{cp} = \frac{1.73 + 1.82}{2} = 1.77 \text{ м / с}$$

2.5 Гидравлический расчёт тарелок.

Примем следующие параметры ситчатых тарелок с отбойными элементами [4, стр.5]:

Диаметр колонны = 1800мм

Свободное сечение колонны = 2.55 м²

Модификация: «А»

Рабочее сечение тарелки = 1.83 м²

Периметр слива = 1.43 м

Сечение перелива = 0.36 м²

Относительное свободное сечение тарелки в зависимости от раскрытия щели «d», %:

4.0 мм	3.3 мм	2.5 мм
11.38 %	8.27%	5.69 %

11.38 % 8.27% 5.69 %

D := 1800 мм -принятый диаметр колонны

S_k := 2.55 м² -свободное сечение колонны

S₁ := 1.83 м² -рабочее сечение тарелки

S₂ := 0.36 м² -сечение перелива

S₀ := $\frac{11.38}{100} \cdot S_1$ м² -относительное свободное сечение тарелки в зависимости от раскрытия щели при d=4мм

t := 83.3 °C -средняя рабочая температура

P := 203200 Па -рабочее давление

h₁ := 25 мм -принятая высота перелива

n := 1 -количество потоков по тарелке

B := 1.43 м -периметр слива

H := 450 мм -расстояние между тарелками

V := 4.5135 м³/с -нагрузка по пару

Q := 21.44 м³/ч -нагрузка по жидкости

ρ_п:=0.81515 кг/м³ -средняя рабочая плотность пара

$\rho_{ж} := 871.334 \text{ кг/м}^3$ -средняя рабочая плотность жидкости
 $Y_{max1} := 1$ -требуемый коэффициент увеличения нагрузки
 $Y_{min1} := 1$ -требуемый коэффициент уменьшения нагрузки
 $k_c := 1$ -коэффициент системы учитывающий склонность к пенообразованию
 $W_{п} := 1.77 \text{ м/с}$ -средняя скорость пара в колонне
 $\sigma := 0.035863 \text{ Н/м}$ -поверхностное натяжение
 $\mu_{п} := 11.7 \cdot 10^{-6} \text{ Па*с}$ -коэффициент динамической вязкости жидкости
 $a := 4 \text{ мм}$ -линейный размер наиболее узкого сечения перелива

Определим координаты рабочей точки по уравнениям (29)-(30), и нанесем ее на график области эффективной работы тарелок [5, стр.7]:

$$L_v := \frac{Q}{B} = 14.993 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч} \quad \text{-напряженность слива}$$

$$W_p := \frac{W_{п} \cdot \pi \cdot \left(\frac{D}{1000} \right)^2}{S_1 \cdot 4} = 2.461 \text{ м/с} \quad \text{-скорость паров в рабочем сечении колонны}$$

$$W_{pp} := W_p \cdot \sqrt{\frac{\rho_{п}}{\rho_{ж} - \rho_{п}}} = 0.077 \quad \text{-фактор скорости, отнесенный к рабочему сечению тарелки}$$

По графику найдем:

$$W_{ppmax} := 0.164 \quad \text{для } e=0.2 \text{ кг/кг} \quad \text{-максимально-допустимый фактор скорости, отнесенный к рабочему сечению тарелки}$$

$$W_{ppmin} := 0.073 \quad \text{для } d=4 \text{ мм} \quad \text{-минимально-допустимый фактор скорости, отнесенный к рабочему сечению тарелки}$$

Условие $W_{pp} < W_{ppmax}$ выполняется.

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ 000 000 ПЗ

Лист

32

Найдем коэффициенты нагрузки по уравнениям (7)-(8) [5,стр.4] и проверим условие (31) [5,стр.7]:

$$Y_{\max} := W_{\text{ppmax}} / W_{\text{pp}} = 2.13$$

$$Y_{\min} := W_{\text{ppmin}} / W_{\text{pp}} = 0.948$$

Условие $Y_{\min} < Y_{\min 1}$ выполняется.

Проверим скорость жидкости в переливе [5,стр.9]

$$W_{\text{ж}} := \frac{Q}{3600 \cdot S_2} = 0.017 \quad \text{м/с}$$

-определим максимально допустимую скорость в переливе по формулам (1)-(4) [5,стр.3]:

$$W_{\text{ж1}} := 17 \cdot 10^{-2} \cdot k_c = 0.17 \quad \text{м/с}$$

$$W_{\text{ж2}} := 0.7 \cdot 10^{-2} \cdot k_c \cdot \sqrt{\rho_{\text{ж}} - \rho_{\text{п}}} = 0.207 \quad \text{м/с}$$

$$W_{\text{ж3}} := 2.54 \cdot 10^{-4} \cdot k_c \cdot \sqrt{\rho_{\text{ж}} - \rho_{\text{п}}} \cdot \sqrt{H} = 0.159 \quad \text{м/с}$$

$$W_{\text{жmax}} := \min(W_{\text{ж1}}, W_{\text{ж2}}, W_{\text{ж3}}) = 0.159 \quad \text{м/с}$$

Условие $W_{\text{ж}} < W_{\text{жmax}}$ выполняется.

Поверочный гидравлический расчет тарелки и ее перелива проведем по формулам (10)-(25) [5, стр.4-6]

Гидравлическое сопротивление тарелки рассчитывается по уравнению:

$$\Delta P = \Delta P_{\text{сух}} + \Delta P_{\text{ж}}$$

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ 000 000 ПЗ

Лист

33

$$\rho'_{\text{ж}} := \frac{\rho_{\text{ж}}}{969.755} = 0.899 \quad \text{-относительная плотность жидкости}$$

-найдем фактор скорости пара в свободном сечении тарелки:

$$F_{s0} := \frac{V}{S_0} \cdot \sqrt{\rho_{\text{п}}} = 19.999 \text{ кг}^{0.5}/\text{с} \cdot \text{м}^{0.5}$$

Гидравлическое сопротивление сухой тарелки:

$$\Delta P_{\text{сух}} := 0.775 \cdot (F_{s0})^2 = 309.975 \text{ Па}$$

Гидравлическое сопротивление смоченной тарелки:

-представим условие применения формул через переменную x:

$$x := 9.54 \cdot L_v^{0.15} \cdot (\rho'_{\text{ж}})^{0.225} = 13.979$$

$F_{s0} > x \Rightarrow$ применим следующую формулу:

$$K_T := 4.25 \quad \text{для раскрытия щели просечки } d=4\text{мм}$$

$$\Delta P_{\text{ж}} := \frac{\left(6.77 \cdot L_v^{\frac{2}{3}}\right)}{(F_{s0})^2} \cdot K_T = 0.437 \text{ Па}$$

-а значит найдем общее гидравлическое сопротивление тарелки:

$$\Delta P := \Delta P_{\text{сух}} + \Delta P_{\text{ж}} = 310.412 \text{ Па}$$

Величина межтарельчатого уноса жидкости:

-найдем коэффициент m:

$$m := 1.1 \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{\sigma}{\rho_{\text{п}}}\right)^{0.295} \cdot \left(\frac{\rho_{\text{ж}} - \rho_{\text{п}}}{\mu_{\text{п}}}\right)^{0.425} = 0.957$$

$$\text{при } L_v = 14.993 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч} > 10 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч} \Rightarrow$$

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ 000 000 ПЗ

Лист

34

-используем формулу:

$$e := 2.6 \cdot 10^{-5} \left(\frac{V}{S_1 \cdot m} \right)^{4.7} = 2.222 \times 10^{-3} \text{ кг/кг}$$

Рассчитаем высоту газожидкостного слоя в переливе.

-высота подпора жидкости над входным порогом:

$$\Delta h_1 := 2.84 \cdot L_v^{\frac{2}{3}} = 17.268 \text{ мм}$$

-гидравлическое сопротивление перелива в его наиболее узком сечении:

$$\Delta h_n := 190 \cdot \left(\frac{L_v}{a} \right)^2 \cdot \rho_{\text{ж}} = 2.398 \times 10^3 \text{ Па}$$

-уровень светлой жидкости в переливе:

$$h_{\text{CB}} := h_1 + \Delta h_1 + \frac{\Delta h_n + \Delta P}{9.81 \cdot \rho_{\text{ж}}} = 349.593 \text{ мм}$$

-высота газожидкостного слоя в переливе:

$$H_n := 2 \cdot h_{\text{CB}} = 699.186 \text{ мм}$$

по условию $H > H_n$ минимально необходимое расстояние между тарелками $H=700\text{мм}$, а значит примем данное значение за расстояние между тарелками при неизменном диаметре колонны.

2.6 Высота колонны.

По диаграмме t-x,y определим составы фаз при средних температурах верхней и нижней частей колонны:

$$\text{При } t_{\text{ср.В}} = 77.37^{\circ}\text{C:} \quad X_{\text{В}} = 0.489 \frac{\text{кмоль}}{\text{кмоль.смеси}}$$

$$Y_{\text{В}} = 0.795 \frac{\text{кмоль}}{\text{кмоль.смеси}}$$

$$\text{При } t_{\text{ср.Н}} = 95.03^{\circ}\text{C:} \quad X_{\text{Н}} = 0.077 \frac{\text{кмоль}}{\text{кмоль.смеси}}$$

$$Y_{\text{В}} = 0.226 \frac{\text{кмоль}}{\text{кмоль.смеси}}$$

Определим вязкости метанола и воды при средних температурах верхней и нижней частей колонны интерполяцией с использованием справочной информации по вязкости веществ [2.стр556]:

Вязкость метанола:

- при $t_{\text{ср.В}} = 77,37^{\circ}\text{C}$

$$\mu_{\text{м}}^{77.37} = 0.285 \text{ мПа} \cdot \text{с}$$

-при $t_{\text{ср.Н}} = 95.03^{\circ}\text{C}$

$$\mu_{\text{м}}^{95.03} = 0.23 \text{ мПа} \cdot \text{с}$$

Вязкость воды:

- при $t_{\text{ср.В}} = 77.37^{\circ}\text{C}$

$$\mu_{\text{H}_2\text{O}}^{77.37} = 0.36 \text{ мПа} \cdot \text{с}$$

-при $t_{\text{ср.Н}} = 95.03^{\circ}\text{C}$

$$\mu_{\text{H}_2\text{O}}^{95.03} = 0.26 \text{ мПа} \cdot \text{с}$$

Рассчитаем среднемолярные вязкости жидкости(смеси) в колонне [1.стр141]:

					ФЮРА РКЧ ООО ООО ПЗ	Лист
						36
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

-в верхней части колонны при $t_{cp.B} = 77,37^{\circ}\text{C}$

$$\ln(\mu_{cp.B}) = \ln(0.285) * 0.489 + \ln(0.36) * (1 - 0.489) = -1.136$$

$$\mu_{cp.B} = 0.3211 \text{ мПа} * \text{с}$$

-в нижней части колонны при $t_{cp.H} = 95,03^{\circ}\text{C}$

$$\ln(\mu_{cp.H}) = \ln(0.23) * 0.077 + \ln(0.26) * (1 - 0.077) = -1.3565$$

$$\mu_{cp.H} = 0.25756 \text{ мПа} * \text{с}$$

Рассчитаем вязкости пара в колонне:

Вязкость паров метанола [6,стр.276]:

- при $t_{cp.B} = 77,37^{\circ}\text{C}$

$$\mu'_m{}^{77.37} = 0.0114 \text{ мПа} * \text{с}$$

-при $t_{cp.H} = 95.03^{\circ}\text{C}$

$$\mu'_m{}^{95.03} = 0.01207 \text{ мПа} * \text{с}$$

Вязкость паров воды [2.стр557]:

- при $t_{cp.B} = 77.37^{\circ}\text{C}$

$$\mu'_{H_2O}{}^{77.37} = 0.0121 \text{ мПа} * \text{с}$$

-при $t_{cp.H} = 95.03^{\circ}\text{C}$

$$\mu'_{H_2O}{}^{95.03} = 0.0125 \text{ мПа} * \text{с}$$

-в верхней части колонны при $t_{cp.B} = 77,37^{\circ}\text{C}$

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ ООО ООО ПЗ

Лист

37

$$\mu'_{cp.B} = \frac{28.8}{\frac{0.795 \cdot 32}{0.0114} + \frac{(1-0.795) \cdot 18}{0.0121}} = 0.01135 \text{ мПа} \cdot \text{с}$$

-в нижней части колонны при $t_{cp.H}=95,03^\circ\text{C}$

$$\mu'_{cp.H} = \frac{21.174}{\frac{0.226 \cdot 32}{0.01207} + \frac{(1-0.226) \cdot 18}{0.0125}} = 0.012355 \text{ мПа} \cdot \text{с}$$

Найдем коэффициент летучести по составам фаз при средних температурах для верхней и нижней частей колонны [1.стр119]:

-для верхней части

$$\alpha_{cp.B} = \frac{0.795(1-0.489)}{0.489(1-0.795)} = 4.1127$$

-для нижней части

$$\alpha_{cp.H} = \frac{0.226(1-0.077)}{0.077(1-0.226)} = 3.5$$

Определим:

$$\mu_{cp.B} \cdot \alpha_{cp.B} = 0.3211 \cdot 4.1127 = 1.32$$

$$\mu_{cp.H} \cdot \alpha_{cp.H} = 0.25756 \cdot 3.5 = 0.9$$

далее по графику η - α рис 7.4 [2.стр323-324] определим значения средней эффективности тарелок:

$$\eta'_B=0.45, \eta'_H=0.49$$

Прибавим поправку Δ для колонн с длиной пути жидкости $l > 0.9\text{м}$ (для смесей с $\alpha=0.1$ до 1.0) :

$$\Delta=0.195 \text{ для } D=1800 \text{ мм}$$

$$\eta_H = \eta'_H \cdot (1 + \Delta) = 0.49 \cdot (1 + 0.195) = 0.59$$

Рассчитаем число действительных тарелок для верхней и нижней частей колонны:

					ФЮРА РКЧ 000 000 ПЗ	Лист
						38
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

-для верхней части: $N_B=8/0.45 \approx 18$

-для нижней части: $N_H=9/0.59 \approx 16$

Тогда общее число действительных тарелок:

$$N = 18 + 16 = 34$$

далее значения Z_B и Z_H (расстояния от крышки и дна до ближайшей тарелки) выбираем в соответствии с рекомендациями по табл. 3:

Таблица 3.

Диаметр колонны, мм	Z_B , мм	Z_H , мм
400-1000	600	1500
1200-2200	1000	2000
2400 и более	1400	2500

Примем $Z_B=1200$ мм, $Z_H=2000$ мм.

Рассчитаем высоту колонны (с учётом увеличения расстояния между тарелками до 1 м для 5-ти люков-лазов+1 верхний без одного):

$$H = (34-1) \cdot 700 + 5 \cdot 300 + 2000 + 1200 = 27800 \text{ мм} = 27.8 \text{ м}$$

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ ООО ООО ПЗ

Лист

39

3. Тепловой расчет установки.

Расход теплоты, отдаваемой охлаждающей воде в дефлегматоре, найдем по уравнению 9.17[1,стр134]:

$$Q_{\text{деф}}=P(R+1)r_{\text{ф}}$$

где P - расход дистиллята, кг/с, R – принятое флегмовое число, $r_{\text{ф}}$ – удельная теплота конденсации флегмы(найдем по правилу аддитивности свойств чистых компонентов):

$$P= G_{\text{дист}} = 6.297 \text{ т/ч} = 1.7491 \text{ кг/с}$$

$$r_{\text{ф}}=r_{\text{м}} \cdot X_{\text{Р}}+r_{\text{H}_2\text{O}}(1- X_{\text{Р}})$$

где $r_{\text{м}}$ и $r_{\text{H}_2\text{O}}$ – удельные теплоты конденсации воды и метанола при $t^{\circ}=64.4^{\circ}\text{C}$.

$$r_{\text{м}}=1100 \text{ кДж/кг}$$

$$r_{\text{H}_2\text{O}}=2337 \text{ кДж/кг}$$

$$r_{\text{ф}}=1100 \cdot 0.9964+2337(1-0.9964)=1104.45 \text{ кДж/кг}$$

$$Q_{\text{деф}}=1.7492 \cdot (1.8+1) \cdot 1104.45=5409.228 \text{ кВт}$$

Расход теплоты на подогрев исходной смеси ($X_{\text{F}}= 0.3152$, $t= 20^{\circ}\text{C}$) до температуры $t_{\text{кип}}= 83.3^{\circ}\text{C}$:

-удельная теплоемкость метанола $c_{\text{м}}= 2.47 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)}$

$$G_{\text{б}} \cdot c_{\text{б}}(t_{\text{кип}}-t_{\text{нач}})= 14000 \cdot 0.45 \cdot 2.47 \cdot 10^3 \cdot (83.3-25)= 907.2 \cdot 10^6 \text{ Дж/ч}$$

-удельная теплоемкость воды $c_{\text{H}_2\text{O}}= 4.182 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)}$

$$G_{\text{т}} \cdot c_{\text{т}}(t_{\text{кип}}-t_{\text{нач}})= 14000 \cdot 0.55 \cdot 4.182 \cdot 10^3 \cdot (83.3-25)= 1877.34 \cdot 10^6 \text{ Дж/ч}$$

$$Q_{\text{нагр}} = 907.2 \cdot 10^6 + 1877.34 \cdot 10^6 = 2784.54 \cdot 10^6 \text{ Дж/ч} = 2784.54 \cdot 10^6 / 3600 \text{ Вт} = 773.5 \text{ кВт}$$

Приход теплоты с теплоносителем в кипятильнике вычислим по приведенной формуле ($t_{\text{нач}}=83.3^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{кон}}=99.9^{\circ}\text{C}$, $Q_{\text{пот}}$ примем 5%)[1,стр134]:

$$Q_{\text{кип}}= 1.05(Q_{\text{деф}} + G_{\text{дист}} \cdot C_{\text{фл}} \cdot t_{\text{фл}}+ G_{\text{ост}} \cdot C_{\text{ост}} \cdot t_{\text{ост}} - (G_{\text{дист}}+G_{\text{ост}}) \cdot C_{\text{и.с.}} \cdot t_{\text{и.с.}})$$

-где удельные теплоёмкости взяты соответственно при $t_{\text{фл}}=64.4^{\circ}\text{C}$,

					ФЮРА РКЧ ООО ООО ПЗ	Лист
						40
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

$t_{\text{ост}} = 99.9\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{и.с}} = 83.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ [2, стр562].

$$C = X \cdot C_A + (1 - X) C_B$$

$$C_{\text{ост}} = 4206.3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C});$$

$$C_{\text{и.с}} = 3778.8 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C});$$

$$C_{\text{фл}} = 2726.75 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}).$$

-расход кубового остатка

$$W = G_{\text{ост}} = 7.703 \text{ т/час} = 2.1397 \text{ кг/с}$$

$$Q_{\text{кип}} = 1.05 \cdot (5409228 \text{ Вт} + 1.7491 \cdot 2726.75 \cdot 64.4 + 2.1397 \cdot 4206.3 \cdot 99.9 - (1.7491 + 2.1397) \cdot 3778.8 \cdot 83.3) = 5660.97 \text{ кВт}$$

Расход теплоты, отдаваемой охлаждающей воде в водяном холодильнике дистиллята :

$$Q_{\text{х.д.}} = G_{\text{дист}} \cdot C_{\text{дист}} (t_{\text{дист}} - t_{\text{кон}}) = 1.7491 \cdot 2622.35 \cdot (64.4 - 25) = 180.72 \text{ кВт}$$

-при $t = (64.4 + 25) / 2 = 44,7^{\circ}\text{C}$; $C_{\text{дист}} = 0.9964 \cdot 2616.7 + (1 - 0.9964) \cdot 4186.73 = 2622.35 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})$

Расход теплоты в водяном холодильнике кубового остатка :

$$Q_{\text{х.о.}} = G_{\text{ост}} \cdot C_{\text{ост}} (t_{\text{ост}} - t_{\text{кон}}) = 2.1397 \cdot 4197.65 \cdot (99.9 - 25) = 672.73 \text{ кВт}$$

-при $t = (99.9 + 25) / 2 = 62,45^{\circ}\text{C}$; $C_d = 0.0011 \cdot 2700.44 + (1 - 0.0011) \cdot 4199.3 = 4197.65 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})$

Расход греющего пара при $P_{\text{абс}} = 0.1 \text{ МПа}$, $a = 5\%$, $r_{\text{H}_2\text{O}} = 2256 \text{ кДж/кг}$ (при 100°C) [1, стр135].

В кипятильнике:

$$G_{\text{г.п.к.}} = Q_{\text{кип}} / (r_{\text{H}_2\text{O}} \cdot 0.95) = 5660.97 \text{ кВт} / (2256 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг} \cdot 0.95) = 2.64 \text{ кг/с}$$

В подогревателе:

$$G_{г.п.п.} = Q_{нагр} / (r_{H_2O} \cdot 0.95) = 773.5 \text{ кВт} / (2256 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг} \cdot 0.95) = 0.36 \text{ кг/с}$$

$$\text{Всего: } 2.64 \text{ кг/с} + 0.36 \text{ кг/с} = 3 \text{ кг/с}$$

Расход охлаждающей воды при нагреве её на 20 °С:

$$V_{H_2O} = Q / (C_{H_2O} \cdot (t_{кон} - t_{нач}) \cdot \rho_{H_2O})$$

где $C_{H_2O} = 4190 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{°C)}$ - удельная теплота конденсации воды; ρ_{H_2O} - плотность воды.

В дефлегматоре :

$$V_{H_2O.деф} = 5409228 / (4190 \cdot 20 \cdot 1000) = 0,06455 \text{ м}^3/\text{с}.$$

В водяном холодильнике дистиллята:

$$V_{H_2O.х.д.} = 180720 / (4190 \cdot 20 \cdot 1000) = 0,002156 \text{ м}^3/\text{с}.$$

В водяном холодильнике кубового остатка:

$$V_{H_2O.х.о.} = 672730 / (4190 \cdot 20 \cdot 1000) = 0,008028 \text{ м}^3/\text{с}.$$

$$\text{Всего: } 0.06455 + 0,002156 + 0,008028 = 0,074734 \text{ м}^3/\text{с}.$$

3.1 Выбор конструкционных материалов.

Используем двухслойный биметалл Ст3сп+12Х18Н10Т. Сталь 12Х18Н10Т используем в качестве второго внутреннего слоя колонны и примем его в качестве прибавки на коррозию к основному слою согласно ГОСТ Р 52857.1–2007 [7, стр.11], применяем как для корпуса, так для крышки и днища колонного аппарата, выбор двухслойного материала обусловлен экономическими соображениями и режимом эксплуатации. Для штуцеров и внутренних устройств включая крепления примем сталь 12Х18Н10Т согласно рекомендациям [10, стр.328]. В качестве материала прокладки примем паронит ПОН, ввиду его инертности к сырью и продуктам производства и достаточной термостойкости при низкой цене. Для крепления фланцевых соединений примем болты разных диаметров изготовленные из материала Ст3сп4, т.к. крепления не имеют контакта непосредственно с рабочей средой и рабочее давление не превышает 0,6 МПа. Для крепления опорной обечайки принимаем болты из стали 35 из-за повышенных допустимых нагрузок для этой стали.

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ ООО ООО ПЗ

Лист

43

**4. Конструкционно-механический
расчёт установки.**

					ФЮРА РКУ 000 000 ПЗ					
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						
Студент	Василенко О.А.				4. КОНСТРУКЦИОННО-МЕХАНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ УСТАНОВКИ.			Литера	Лист	Листов
Руковод.	Беляев В.М.							Д	44	52
Конс.								НИ ТПУ ИШНПТ		
Н.контр.								Группа		
Руков. ООП								3-2К31		

Целью механического расчета является обеспечение механической надежности работы проектируемого оборудования. Показателями или критериями механической надежности для деталей технологического оборудования являются прочность, жаропрочность и жаростойкость, жесткость, устойчивость и виброустойчивость, износостойкость, герметичность и т.п. Все эти критерии должны обеспечить сохранение во времени механических свойств деталей в установленных пределах значений всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования. Каждый из этих критериев при расчете проверяется по условию, где расчетное значение определяющего этот критерий параметра не должно превышать его допускаемое значение. Например, прочность проверяется сравнением расчетного и допускаемого напряжений: $\sigma \leq [\sigma]$. При этом данное условие необходимо проверить для всех состояний оборудования, в которых оно может находиться[8].

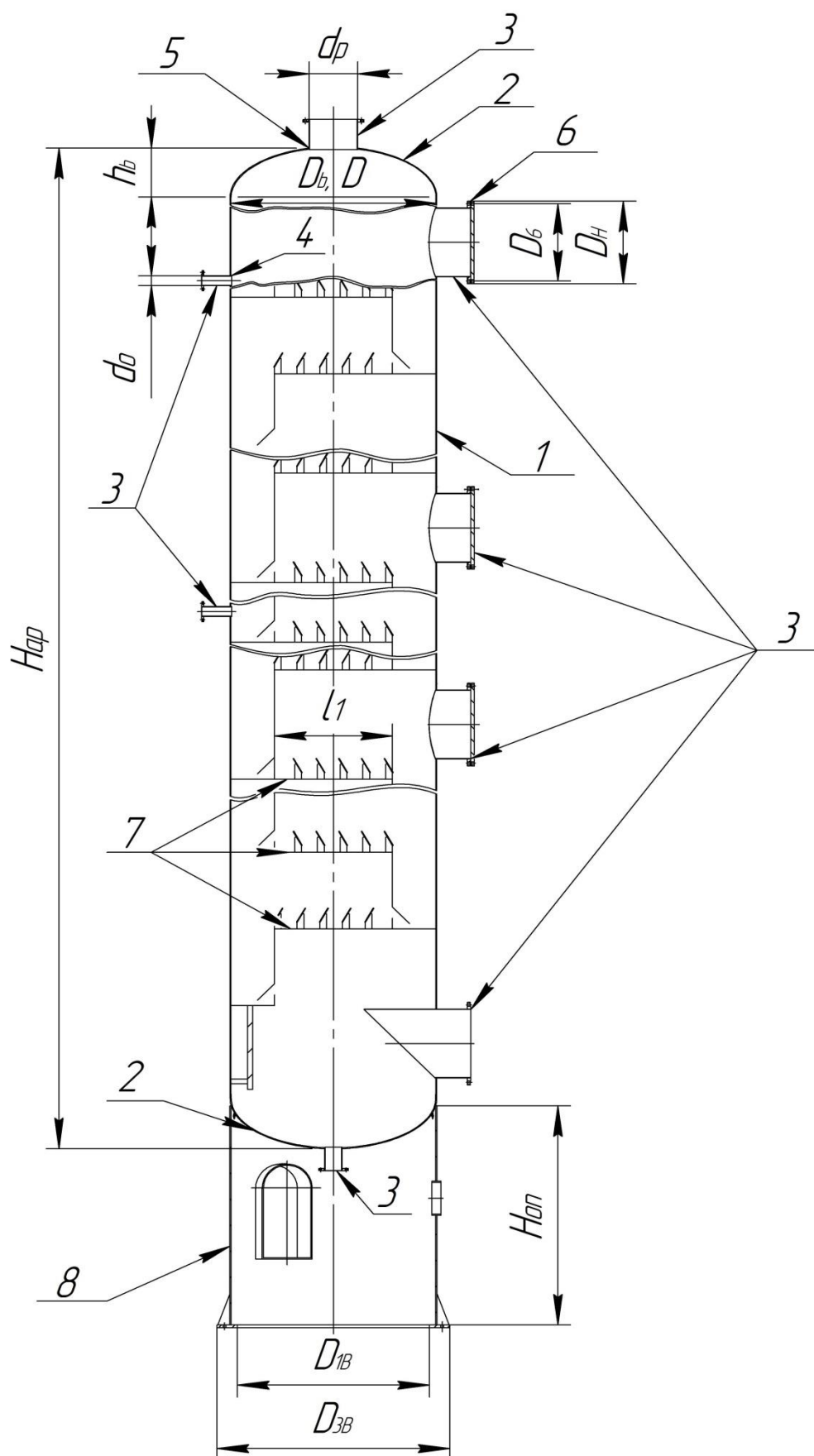


Рис. 11. Расчетная схема колонного аппарата с ситчатыми тарелками с отбойными элементами:

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ 000 000 ПЗ

Лист

46

1-цилиндрическая обечайка; 2-крышка и днище эллиптические приварные; 3-расчетные штуцера (ввод исходной смеси, ввод флегмы, вывод кубового остатка, выход паров, ввод паро-жидкостной смеси, люки-лазы); 4-расчетное отверстие под укрепление в обечайке; 5-расчетное отверстие под укрепление в эллиптической крышке; 6- расчетный фланец($D_y=600$ мм); 7-тарелки ситчатые с отбойными элементами; 8-опорная обечайка.

4.1 Расчёт толщины обечайки колонного аппарата.

Отмечена на расчетной схеме (рис. 11) под номером 1.

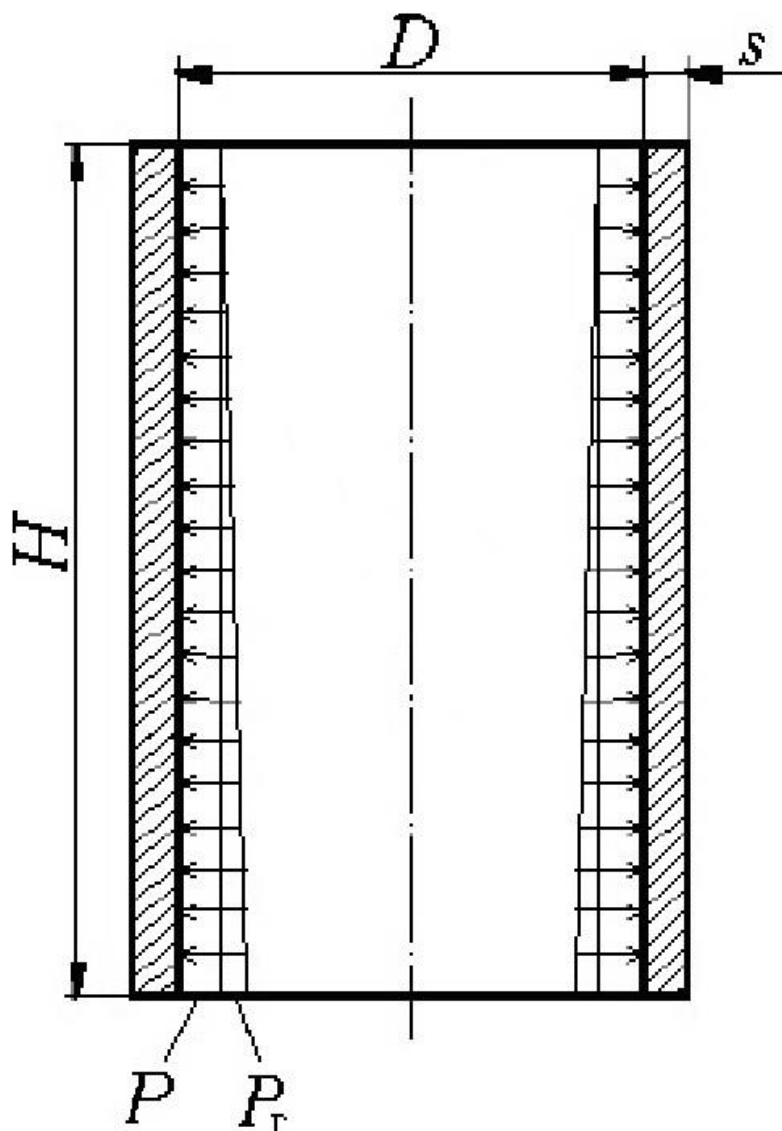


Рис. 12. Расчетная схема цилиндрической обечайки.

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ 000 000 ПЗ

Лист

47

Определим толщину стенки цилиндрической
обечайки вертикального колонного аппарата по данным табл. 4.

Таблица 4.

Внутренний диаметр D, мм	Высота цилиндрической части H _ц , м	Рабочее давление p, МПа	Усредненная плотность жидкой среды ρ , кг/м ³	Максимальная температура корпуса t _c , °C	Марка стали	Скорость коррозии П, мм/год	Срок эксплуатации t, лет
1800	26.1	0.2032	872	96	Ст3сп+ +12X18H10T	0,5 0.1	20

Рассчитаем толщину коррозионной вставки при заданном сроке эксплуатации и максимальной скорости коррозии материала для данного процесса:

$$C_1 := 0.1 \cdot 20 = 2 \text{ мм}$$

Примем также:

$$C_2 := 0.1 \text{ мм} - \text{прибавка для компенсации минусового допуска};$$

$C_3 := 0 \text{ мм}$ – прибавка для компенсации утонения стенки при технологических операциях;

$\sigma := 149.25 \text{ МПа}$ – номинально допускаемое напряжение для стали Ст3сп при температуре 96°C [7];

$R_{et} := 231 \text{ МПа}$ – минимальное значение предела текучести Ст3сп при температуре 96°C [7];

$R_{mt} := 437.375 \text{ МПа}$ – минимальное значение временного сопротивления (предела прочности) Ст3сп при температуре 96°C [7];

$n_T := 1.5$ -коэффициент запаса по пределу текучести.

$n_B := 2.4$ -коэффициент запаса прочности по временному сопротивлению.

$\eta := 1$ т.к. аппарат изготавливается из листового проката.

Допускаемое напряжение вычислим по формуле:

$$\sigma_d := \eta \cdot \min\left(\frac{R_{et}}{n_T}, \frac{R_{mt}}{n_B}, \sigma\right) = 149.25 \text{ МПа}$$

Допускаемое напряжение при пневматических испытаниях определяется по пределу текучести для стали Ст3сп при $t_c=20^\circ\text{C}$ взятому из таблицы Б.1

ГОСТ Р 52857.1-2007 ($R_{m/20}=250 \text{ МПа}$) [7,стр.19].

$$[\sigma]_H = R_{m/20}/1.2 = 250/1.2 = 209 \text{ МПа}$$

Расчётное значение избыточного внутреннего давления примем равным рабочему давлению с учетом давления гидростатического столба при испытаниях ($\rho_{\text{вод}} * g * H = 1000 * 9.8 * 27.8 = 0.2725 \text{ МПа}$) [8,стр.107]:

$$P_p = P + 0.2725 = 0.4755 \text{ МПа}$$

Пробное давление при испытании, при рабочем давлении $P=0.4755 \text{ МПа}$, в соответствии с правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов работающих под давлением (ПБ 03-576-03) для сварных аппаратов [9,Пункт 4.6.3.]:

$$P_H = 1.25 * P * [\sigma]_{20} / \sigma_d$$

$$P_H = 1.25 * 0.4755 * 154 / 149.25 = 0.6132 \text{ МПа}$$

Коэффициент прочности ϕ продольных сварных швов обечайки, при условии, что стыковые швы выполняются автоматической сваркой с двусторонним сплошным проваром при длине контролируемых швов 100%, по таблице Д.1 ГОСТ Р 52857.1-2007, принимаем $\phi=1$ [7.стр27].

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ ООО ООО ПЗ

Лист

49

Определение толщины стенок

$$P_p := 0.4755 \text{ МПа} \quad P_{и} := 0.6132 \text{ МПа} \quad \sigma_d := 149.25 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{и} := 209 \text{ МПа} \quad D := 1800 \text{ мм} \quad \phi := 0.8$$

$$c := C_1 + C_2 + C_3 = 2.1 \text{ мм}$$

[8, стр.126]

$$S_p := \max\left(\frac{P_p \cdot D}{2 \cdot \phi \cdot \sigma_d - P_p}, \frac{P_{и} \cdot D}{2 \cdot \phi \cdot \sigma_{и} - P_{и}}\right) \quad S_p = 3.591$$

$$s := S_p + c \quad s := \text{Ceil}(s, 1) \quad s = 6 \text{ мм}$$

Без учета прибавок рекомендуемая минимальная толщина обечайки 4 мм [10, стр.411].

А значит рассчитаем:

$$s := 4 + c = 6.1 \text{ мм}$$

и примем: $s := 7 \text{ мм}$ из них 5 мм Ст3сп, а 2 мм сталь 12X18H10T.

Проверка применимости методики расчёта и условия прочности при назначенных условиях испытания и для рабочего состояния:

$$Us11 := \begin{cases} \text{"Условия применения формул выполняются"} & \text{if } \frac{s - c}{D} < 0.1 \\ \text{"Условия применения формул выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Us11 = \text{"Условия применения формул выполняются"} \quad \frac{s - c}{D} = 2.722 \times 10^{-3}$$

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ ООО ООО ПЗ

Лист

50

Допускаемое внутреннее избыточное давление:

$$P_{д1} := \frac{2 \cdot \sigma_{и} \cdot \phi \cdot (s - c)}{D + (s - c)} \quad \text{-- "Для условий испытаний" } P_{д1} = 0.908 \text{ МПа}$$

$$P_{д2} := \frac{2 \cdot \sigma_{д} \cdot \phi \cdot (s - c)}{D + (s - c)} \quad \text{-- "Для рабочих условий " } P_{д2} = 0.648 \text{ МПа}$$

$$Usl2 := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{if } \begin{cases} P_{д1} > P_{и} \\ P_{д2} > P_{р} \end{cases} \\ \text{"Условие прочности не выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$Usl2 = \text{"Условие прочности выполняется"}$

4.2 Подбор крышки и днища.

Отмечены на расчетной схеме (рис. 11) под номером 2.

Наиболее оптимальным решением для колонного аппарата являются эллиптические крышка и днище, поэтому проведем подбор по ГОСТ 6533-78 (днища эллиптические отбортованные стальные для сосудов, аппаратов и котлов)[11].

К нашим условиям подходит:

Днище 1800-8-450 ГОСТ 6533-78

Крышка 1800-8-450 ГОСТ 6533-78

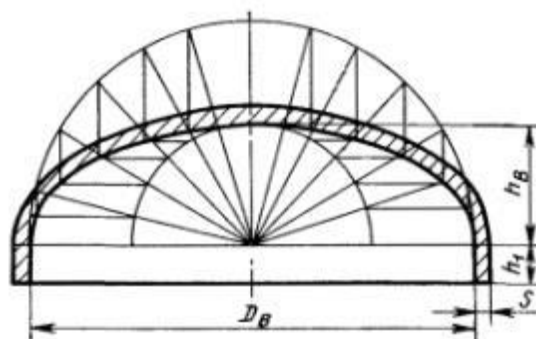


Рис. 13. Эллиптическое днище с внутренними базовыми размерами и высотой эллиптической части $h_B = 0.25D_B$.

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ 000 000 ПЗ

Лист

51

Базовые внутренние размеры для данного днища/крышки по ГОСТ 6533-78 занесены в табл. 5.

Таблица 5.

D_B , мм	h_I , мм	h_B , мм	s , мм	F , м ²	V , дм ³	Масса, кг
1800	40	450	8	3.74	861.7	237.3

Днище и крышку примем двухслойными также как и корпус, отсюда следует, что 6 мм внешний слой из стали СтЗсп, внутренний же 2 мм из стали 12Х18Н10Т.

Расчетная и исполнительная толщины стенки стандартного эллиптического днища при тех же исходных данных, кроме ϕ , рассчитываются в MathCAD:

$$\phi := 1 \quad c := 2 \quad \text{мм}$$

$$S_p := \max \left(\frac{P_p \cdot \frac{D}{2}}{2 \cdot \phi \cdot \sigma_d - \frac{P_p}{2}}, \frac{P_{и} \cdot \frac{D}{2}}{2 \cdot \phi \cdot \sigma_{и} - \frac{P_{и}}{2}} \right) \quad [8.\text{стр.138}]$$

$$S_p = 1.435 \quad \text{мм}$$

$$s := S_p + c \quad s := \text{Ceil}(s, 1) \quad s = 4 \quad \text{мм}$$

Коэффициент прочности сварных швов эллиптического днища принимаем $\phi = 1$, ввиду проварки автоматической сваркой с двусторонним сплошным проваром при длине контролируемых швов 100%. Из условия приварки днища к обечайке и округления толщины стенки до ближайшей большей стандартной толщины (ГОСТ 6533–78), принимаем $s = 8$ мм.

Проверка применимости методики расчёта и условия прочности при назначенных условиях испытания и для рабочего состояния:

$$Us11 := \begin{cases} \text{"Условия применения формул выполняются"} & \text{if } \frac{s - c}{D} < 0.1 \\ \text{"Условия применения формул выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Us11 = \text{"Условия применения формул выполняются"} \quad \frac{s - c}{D} = 3.333 \times 10^{-3}$$

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ 000 000 ПЗ

Лист

52

Допускаемое внутреннее избыточное давление:

$$P_{д1} := \frac{2 \cdot \sigma_{и} \cdot \phi \cdot (s - c)}{D + \frac{(s - c)}{2}} \quad \text{-- "Для условий испытаний" } P_{д1} = 1.16 \text{ МПа}$$

$$P_{д2} := \frac{2 \cdot \sigma_{д} \cdot \phi \cdot (s - c)}{D + \frac{(s - c)}{2}} \quad \text{-- "Для рабочих условий " } P_{д2} = 0.828 \text{ МПа}$$

$$Usl2 := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{if } \begin{cases} P_{д1} > P_{и} \\ P_{д2} > P_{р} \end{cases} \\ \text{"Условие прочности не выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Usl2 = \text{"Условие прочности выполняется"}$$

4.3 Расчёт штуцеров.

Отмечены на расчетной схеме (рис. 11) под номером 3.

Найдем диаметр прилегающих вводных и выводных труб по формуле [12, стр.20]:

$$d = \sqrt{\frac{4V_{сек}}{\pi * \omega}}$$

т.к. $V=G/\rho$, то подставим в формулу массовые расходы.

Примем скорости жидкостей в патрубках равными 1 м/с, а скорость пара 30 м/с, согласно рекомендациям [1, стр 18].

Диаметр штуцера для ввода исходной смеси:

$$d_{исх.} = \sqrt{\frac{4 * 3.888}{\pi * 1 * 894.5}} = 0.0744 \text{ м} = 74.4 \text{ мм}$$

По ГОСТ 12820- 80 примем штуцер с $D_y = 80$ мм и соответствующий фланец [13]: Фланец 1-80-6 12X18Н10Т ГОСТ 12820-80.

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ 000 000 ПЗ

Лист

53

Диаметр штуцера для ввода флегмы:

$$d_{\phi.} = \sqrt{\frac{4 * 1.8 * 1.7491}{\pi * 1 * 751.32}} = 0.073 м = 73 мм$$

По ГОСТ 12820- 80 примем штуцер с Ду = 80 мм и соответствующий фланец [13]: Фланец 1-80-6 12Х18Н10Т ГОСТ 12820-80.

Диаметр штуцера для вывода паров дистиллята:

$$d_{n.} = \sqrt{\frac{4 * 1.7491 * (1 + 1.8)}{\pi * 30 * 1.208}} = 0.415 м = 415 мм$$

По ГОСТ 12820-80 примем штуцер с Ду = 400 мм и соответствующий фланец: Фланец 1-400-6 12Х18Н10Т ГОСТ 12820-80.

Штуцер для ввода пара кубового остатка:

-удельная энтальпия пара при $t=99.9^{\circ}\text{C}$ равна $i''=2678.411$ кДж/кг [3,стр.548] =>

$$C^{99.9}=2678.411*10^3/99.9=26810.92 \text{ Дж}/(\text{кг}*\text{C}^{\circ})$$

$$-5660.97*10^3 = G_{o.кип.} * 26810.92*(83.3-99.9)=>$$

$$G_{o.кип.п.} = -5660.97*10^3/(26810.92*(-16.6))=12.72 \text{ кг/с}$$

Примем скорость поступающего пара равной 50 м/с, и установим отбойную плиту на его вводе для компенсации эрозии и предотвращения разрушения корпуса установки.

$$d_{к.пар.} = \sqrt{\frac{4 * 12.72}{\pi * 50 * 0.596}} = 0.737 м = 737 мм$$

По ГОСТ 12820-80 принимаем штуцер с Ду= 600 мм и соответствующие фланцы: Фланец 1-600-6 12Х18Н10Т ГОСТ 12820-80.

Штуцер для вывода кубового остатка :

$$d_{к.ост.} = \sqrt{\frac{4 * (12.72 + 2.139)}{\pi * 1 * 967.52}} = 0.1398 м = 140 мм$$

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ 000 000 ПЗ

Лист

54

По ГОСТ 12820-80 примем штуцер с $D_y = 150$ мм и соответствующий фланец: Фланец 1-150(А)-6 12Х18Н10Т ГОСТ 12820-80.

Табл.6. Таблица фланцев

D_y , мм	D_f	z	m , кг
80	185	4	2.44
80	185	4	2.44
150(А)	260	8	4.63
400	535	16	15.2
600	755	20	26.24

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ 000 000 ПЗ

Лист

55

4.4 Расчет необходимости укрепления отверстий в корпусе, крышке и днище колонного аппарата.

Отмечены на расчетной схеме (рис. 11) под номером 4 и 5 соответственно.

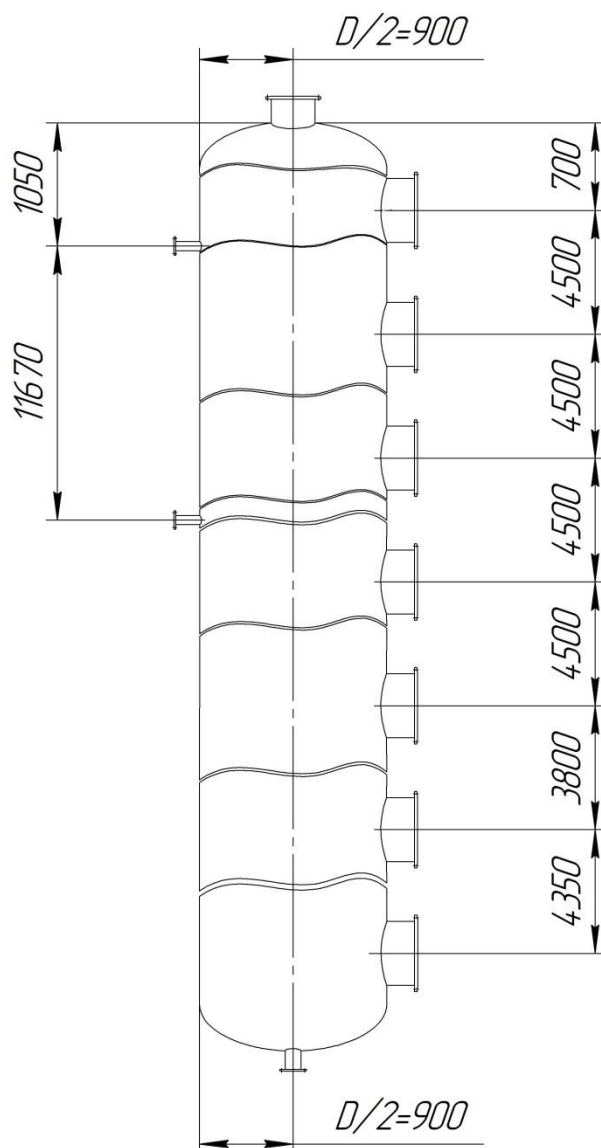


Рис. 14. Расположение штуцеров на колонне.

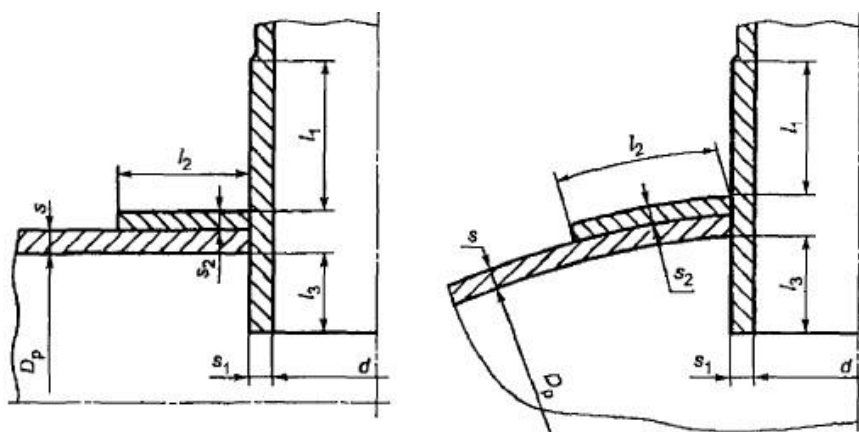


Рис. 15. Укрепление отверстий круговым накладным кольцом.

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ 000 000 ПЗ

Лист

56

Исходные данные:

Рассчитаем укрепление отверстий под штуцера условного диаметра 80 мм:

Внутренний диаметр оболочки-	$D := 1800 \text{ мм}$
Марка стали	12X18H10T
Внутреннее расчетное давление	$P_r := 0.203 \text{ МПа}$
Расчётная температура	$t_R := 100 \text{ C}^\circ$
Исполнительная толщина стенки	$s := 7 \text{ мм}$
Исполнительный диаметр отверстия	$d_o := 89 \text{ мм}$
Исполнительная ширина накладного кольца	$l_2 := 100 \text{ мм}$
Длина внешней части штуцера	$l_1 := 300 \text{ мм}$
Длина внутренней части штуцера	$l_3 := 5 \text{ мм}$
Прибавка расчетной толщины стенки (обечайки,штуцера)	$cc := 2 \text{ мм}$
Коэффициент прочности сварных соединений	$\phi := 1$
Толщина стенки (внутренней) штуцера	$s_1 := 4 \text{ мм}$
Толщина стенки (внешней) штуцера	$s_3 := 4 \text{ мм}$
Исполнительная толщина накладного кольца	$s_2 := 0$

Допускаемое напряжение для материала при расчётной температуре, МПа

[7,стр14]

$$\sigma_d := 174$$

Допускаемое напряжение для материала накладного кольца при расчетной температуре

$$\sigma_{d1} := \sigma_d$$

Допускаемое напряжение для материала внешней части штуцера при расчетной температуре

$$\sigma_{d2} := \sigma_d$$

Допускаемое напряжение для материала внутренней части штуцера при расчетной температуре

$$\sigma_{d3} := \sigma_d$$

Внутренний диаметр штуцера $d := d_0 - 2s_1$ $d = 81$ мм

Расчёт укрепления отверстия в цилиндрической оболочке:

Диаметр укрепляемого элемента и расчётный диаметр отверстия в стенке обечайки:

$$D_p := D \quad d_p := \text{Ceil}(d + 2 \cdot cc, 1) \quad [8, \text{стр}189]$$

$$D_p = 1.8 \times 10^3 \text{ мм} \quad d_p = 85 \text{ мм}$$

Условия применимости формул: [8,стр187]

$$U := \begin{cases} \text{"Отношение диаметров НЕ выполняется"} & \text{if } \frac{d_p - 2 \cdot cc}{D} > 1.0 \\ \text{"Отношение толщины к диаметру НЕ выполняется"} & \text{if } \frac{s - cc}{D} > 0.1 \\ \text{"Условия применения формул выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$U = \text{"Условия применения формул выполняются"} \quad \frac{s - cc}{D} = 2.778 \times 10^{-3}$$

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКУ 000 000 ПЗ

Лист

58

Расчёт толщины стенок

Цилиндрической оболочки:

$$s_p := \frac{P_r \cdot D_p}{2 \cdot \phi \cdot \sigma_d - P_r} \quad s_p = 1.051 \text{ мм}$$

Штуцера:

$$s_{p1} := \frac{P_r \cdot (d + 2 \cdot cc)}{2 \cdot \phi \cdot \sigma_d - P_r} \quad s_{p1} = 0.05 \text{ мм}$$

Расчётная длина штуцера

$$l_{1p} := \min[l_1, \sqrt{(d + 2 \cdot cc) \cdot (s_1 - cc)}] \quad l_{1p} = 13.038 \text{ мм}$$

$$l_{3p} := \min[l_3, \sqrt{(d + 2 \cdot cc) \cdot (s_3 - cc)}] \quad l_{3p} = 5 \text{ мм}$$

Ширина зоны укрепления в обечайке:

$$L_o := \sqrt{D_p \cdot (s - cc)} \quad L_o := \text{Ceil}(L_o, 1)$$

$$L_o = 95 \text{ мм}$$

Расчётная ширина зоны укрепления в стенке обечайки [8,стр191]

$$l_p := L_o \quad l_p = 95 \text{ мм}$$

Расчётная ширина накладного кольца

$$l_{2p} := \min[l_2, \sqrt{D_p \cdot (s_2 + s - cc)}] \quad l_{2p} = 94.868 \text{ мм}$$

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ 000 000 ПЗ

Лист

59

Отношения допускаемых напряжений:

[8,стр192]

$$\text{-для внешней части штуцера} \quad \chi_1 := \min\left(1, \frac{\sigma_{d1}}{\sigma_d}\right) \quad \chi_1 = 1$$

$$\text{-для накладного кольца} \quad \chi_2 := \min\left(1, \frac{\sigma_{d2}}{\sigma_d}\right) \quad \chi_2 = 1$$

$$\text{-для внутренней части штуцера} \quad \chi_3 := \min\left(1, \frac{\sigma_{d3}}{\sigma_d}\right) \quad \chi_3 = 1$$

Расчётный диаметр одиночного отверстия, не требующего дополнительного укрепления:

$$d_{op} := 0.4 \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - cc)} \quad d_{op} = 37.947 \text{ мм}$$

Расчетный диаметр одиночного отверстия, не требующий дополнительного укрепления при наличии избыточной толщины стенки сосуда

$$d_0 := 2 \cdot \left[\left(\frac{s - cc}{s_p} \right) - 0.8 \right] \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - cc)} \quad d_0 = 751.192 \text{ мм}$$

Проверка необходимости укрепления отверстия:

$$U2 := \begin{cases} \text{"Необходимо укрепление отверстия"} & \text{if } d_0 < d \\ \text{"Укрепление отверстия не требуется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$U2 = \text{"Укрепление отверстия не требуется"}$$

Проверка условия укрепления одиночного отверстия: [8,стр193]

$$A_1 := l_{1p} \cdot (s_1 - s_{p1} - cc) \cdot \chi_1 \quad A_1 = 25.43 \text{ мм}^2$$

$$A_2 := l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 \quad A_2 = 0 \text{ мм}^2$$

$$A_3 := l_{3p} \cdot (s_3 - 0 - cc) \cdot \chi_3 \quad A_3 = 10 \text{ мм}^2$$

$$A_{p.c} := l_p \cdot (s - s_p - cc) \quad A_{p.c} = 375.192 \text{ мм}^2$$

$$A_p := 0.5 \cdot (d_p - d_{op}) \cdot s_p \quad A_p = 24.717 \text{ мм}^2$$

$$\text{Sum} := A_1 \cdot \chi_1 + A_2 \cdot \chi_2 + A_3 \cdot \chi_3 + A_{p.c} \quad \text{Sum} = 410.622 \text{ мм}^2$$

$$\text{Usl_3} := \begin{cases} \text{"Условие укрепления отверстия выполняется"} & \text{if Sum} \geq A_p \\ \text{"Условие укрепления отверстия НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Usl_3 = "Условие укрепления отверстия выполняется"

Расчёт укрепления отверстия в эллиптической крышке/днище:

Диаметр укрепляемого элемента и расчётный диаметр отверстия в стенке обечайки:

$$x := 0 \quad \text{т.к. штуцер расположен по центру крышки(днища)}$$

$$s := 8 \text{ мм}$$

$$d_p := 426 \text{ мм} \quad \text{-диаметр отверстия под штуцер с } D_y=400 \text{ мм}$$

$$\text{Внутренний диаметр штуцера} \quad d := d_p - 2s_1 \quad d = 418 \text{ мм}$$

$$D_p := 2 \cdot D \cdot \sqrt{1 - 3 \cdot \left(\frac{x}{D}\right)^2} \quad [8, \text{стр.188}]$$

$$d_p := \text{Ceil} \left[\frac{(d + 2 \cdot cc)}{\sqrt{1 - \left(\frac{2 \cdot x}{D_p}\right)^2}}, 1 \right]$$

$$D_p = 3.6 \times 10^3 \text{ мм} \quad d_p = 422 \text{ мм}$$

Условия применимости формул:

[8,стр.187]

$$U := \begin{cases} \text{"Отношение диаметров НЕ выполняется"} & \text{if } \frac{d_p - 2 \cdot cc}{D} > 0.6 \\ \text{"Отношение толщины к диаметру НЕ выполняется"} & \text{if } \frac{s - cc}{D} > 0.1 \\ \text{"Условия применения формул выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$U = \text{"Условия применения формул выполняются"} \quad \frac{s - cc}{D} = 3.333 \times 10^{-3}$$

Расчёт толщины стенок

Эллиптической крышки:

$$s_p := \frac{P_r \cdot D_p}{4 \cdot \phi \cdot \sigma_d - P_r} \quad s_p = 1.05 \text{ мм}$$

Штуцера:

$$s_{p1} := \frac{P_r \cdot (d + 2 \cdot cc)}{2 \cdot \phi \cdot \sigma_d - P_r} \quad s_{p1} = 0.365 \text{ мм}$$

Расчётная длина штуцера

$$l_{1p} := \min[l_1, 1.25 \sqrt{(d + 2 \cdot cc) \cdot (s_1 - cc)}] \quad l_{1p} = 36.315 \text{ мм}$$

$$l_{3p} := \min[l_3, 0.5 \sqrt{(d + 2 \cdot cc) \cdot (s_3 - cc)}] \quad l_{3p} = 5 \text{ мм}$$

Ширина зоны укрепления в обечайке:

$$L_o := \sqrt{D_p \cdot (s - cc)} \quad L_o := \text{Ceil}(L_o, 1)$$

$$L_o = 147 \text{ мм}$$

Расчётная ширина зоны укрепления в стенке обечайки [8,стр.191]

$$l_p := L_o \quad l_p = 147 \text{ мм}$$

Расчётная ширина накладного кольца

$$l_{2p} := \min[l_2, \sqrt{D_p \cdot (s_2 + s - cc)}] \quad l_{2p} = 100 \quad \text{мм}$$

Отношения допускаемых напряжений: [8,стр.192]

-для внешней части штуцера $\chi_1 := \min\left(1, \frac{\sigma_{d1}}{\sigma_d}\right) \quad \chi_1 = 1$

-для накладного кольца $\chi_2 := \min\left(1, \frac{\sigma_{d2}}{\sigma_d}\right) \quad \chi_2 = 1$

-для внутренней части штуцера $\chi_3 := \min\left(1, \frac{\sigma_{d3}}{\sigma_d}\right) \quad \chi_3 = 1$

Расчётный диаметр одиночного отверстия, не требующего дополнительного укрепления:

$$d_{op} := 0.4 \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - cc)} \quad d_{op} = 58.788 \quad \text{мм}$$

Расчетный диаметр одиночного отверстия, не требующий дополнительного укрепления при наличии избыточной толщины стенки сосуда

$$d_0 := 2 \cdot \left[\left(\frac{s - cc}{s_p} \right) - 0.8 \right] \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - cc)} \quad d_0 = 1.444 \times 10^3 \quad \text{мм}$$

Проверка необходимости укрепления отверстия:

$$U2 := \begin{cases} \text{"Необходимо укрепление отверстия"} & \text{if } d_p \geq d_0 \\ \text{"Укрепление отверстия не требуется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$U2 = \text{"Укрепление отверстия не требуется"}$$

Из полученных расчетов выясняем, что отверстия не нуждаются в укреплении для нашей колонны в полученном пределе размера диаметра $D < 37.9$ мм для корпуса и $D < 58.78$ мм для эл.крышки/днища; также нет необходимости укреплять отверстия ввиду наличия избыточной толщины оболочки диаметром ниже $D = 751.192$ мм для цилиндрической обечайки и $D = 1444$ мм для крышки и днища; все отверстия в колонне (включая отверстия под люки-лазы ($D = 600$ мм)) не превышают данного значения.

4.5 Расчет фланцев.

Расчетный фланец отмечен на расчетной схеме (рис. 11) под номером 6.

Фланцы плоские, неизолированные, приварные с гладкой уплотнительной поверхностью рекомендуется применять для условных давлений среды до 1.6 МПа. Принятые фланцы условно рассчитаны на давление среды до 0.6 МПа.

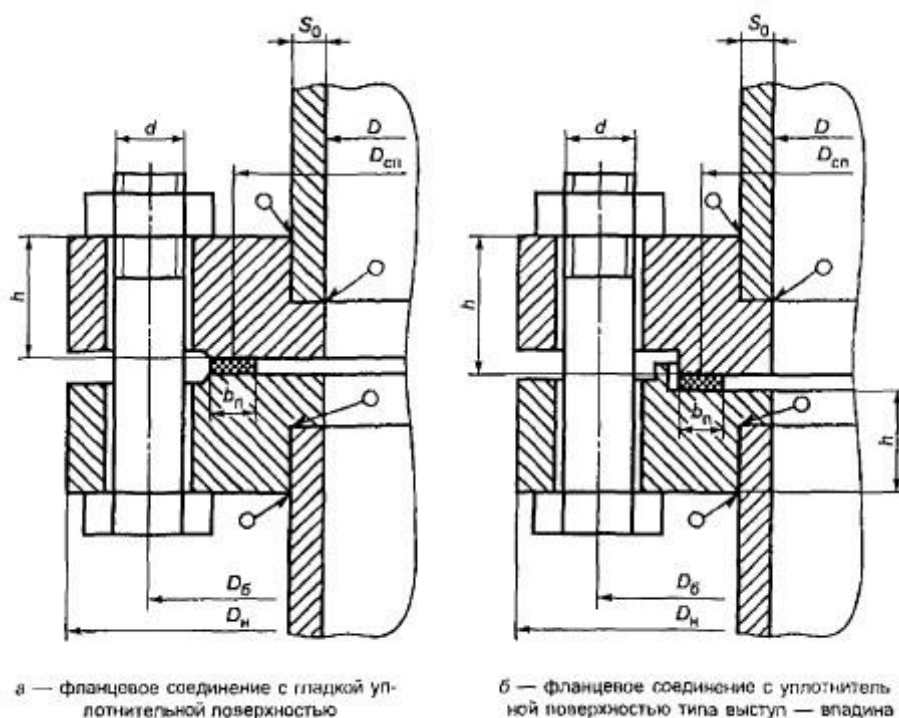


Рис.16. Фланцевые соединения с плоскими фланцами.

Исходные данные:

Внутренний диаметр фланца:	$D := 630 \text{ мм}$
Наружный диаметр фланца:	$D_H := 755 \text{ мм}$
Диаметр окружности расположения болтов:	$D_6 := 705 \text{ мм}$
Наружный диаметр прокладки:	$D_{Hn} := 648 \text{ мм}$
Ширина прокладки:	$b_n := 9 \text{ мм}$
Толщина тарелки фланца:	$h := 25 \text{ мм}$
Толщина обечайки фланца:	$S_0 := 7 \text{ мм}$
Толщина прокладки:	$h_n := 2 \text{ мм}$
Наружный диаметр болта:	$d := 24 \text{ мм}$
Число болтов:	$n := 20$
Расчетное давление:	$P := 0.203 \text{ МПа}$
Внешний изгибающий момент:	$M := 0 \text{ Н*мм}$
Осевая сила:	$F := 0 \text{ Н}$
Расчетная температура:	$t := 100 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Материал обечаек и фланцев штуцера:	12X18H10T
Материал болтов:	сталь Ст3сп4
Материал прокладки:	паронит ПОН
Прибавка на коррозию	$c_0 := 0 \text{ мм}$

Проверка применимости методики расчета по ГОСТ 52857.4:

$$\frac{D_H}{D} = 1.198 < 5$$

$$\frac{2 \cdot h}{D_H - D} = 0.4 \geq 0.25$$

-условия выполняются

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ 000 000 ПЗ

Лист

65

Расчет фланцев и болтов(шпилек) с учетом усилий, вызванных стесненностью температурных деформаций элементов фланцевых соединений допускается не проводить, т.к. расчетная температура элементов фланцевого соединения не превышает 100 °С.[14, стр.9]

Определение расчетных параметров:

В качестве крепежных элементов [15]:

Болт ГОСТ Р ИСО 4014 - M24x110 - 3.6

Расчетные температуры:

расчетная температура неизолированных плоских фланцев[8, стр.229]:

$$t_{\phi} := 0.96 \cdot t = 96 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

расчетная температура болтов:

$$t_b := 0.85 \cdot t = 85 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Допускаемые напряжения для болтов из стали Ст3сп4:

$$t_{85} := \begin{pmatrix} 20 \\ 100 \end{pmatrix} \quad \sigma_{85} := \begin{pmatrix} 140 \\ 134 \end{pmatrix}$$

$$\sigma_{d6} := \text{Floor}(\text{interp}(t_{85}, \sigma_{85}, t_b), 0.5)$$

$$\sigma_{d6} = 135 \text{ МПа}$$

Модуль упругости для болтов при рабочей температуре:

$$E_b := 1.925 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Допускаемое напряжение для болтов при температуре 20 °С:

$$\sigma_{206} := 140 \text{ МПа}$$

Модуль упругости для болтов при температуре 20 °С:

$$E_{206} := 1.99 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ 000 000 ПЗ

Лист

66

Коэффициент линейного расширения стали Ст3сп4 при $t=20-100\text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$\alpha_6 := 11.6 \cdot 10^{-6} \quad 1/^{\circ}\text{C}$$

Допускаемое напряжение для фланцев и обечаек стали 12X18H10T:

$$t_{96} := \begin{pmatrix} 20 \\ 100 \end{pmatrix} \quad \sigma_{96} := \begin{pmatrix} 184 \\ 174 \end{pmatrix}$$

$$\sigma_{d\phi 1} := \text{Floor}(\text{interp}(t_{96}, \sigma_{96}, t_{\phi}), 0.5)$$

$$\sigma_{d\phi 1} = 174.5 \text{ МПа}$$

Фланцы изготавливаются из проката поэтому: $\eta := 1$

$$\sigma_{d\phi} := \sigma_{d\phi 1} \cdot \eta \quad \sigma_{d\phi} = 174.5 \text{ МПа}$$

Модуль упругости для стали 12X18H10T при рабочей температуре:

$$E_{\phi} := 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Допускаемое напряжение для стали 12X18H10T при температуре $20\text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$\sigma_{20\phi} := 184 \cdot \eta = 184 \text{ МПа}$$

Модуль упругости для стали 12X18H10T при температуре $20\text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$E_{20\phi} := 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Коэффициент линейного расширения стали стали 12X18H10T
при $t=20-100\text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$\alpha_{\phi} := 16.6 \cdot 10^{-6} \quad 1/^{\circ}\text{C}$$

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ ООО ООО ПЗ

Лист

67

Эффективная ширина плоской прокладки:

$$b_0 := \begin{cases} b_0 \leftarrow b_n & \text{if } b_n \leq 15 \\ b_0 \leftarrow \text{Ceil}(3.8 \cdot \sqrt{b_n}, 1) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$b_0 = 9 \text{ мм}$$

$$D_{cn} := D_{Hn} - b_0 = 639 \text{ мм} \quad \text{-расчетный диаметр прокладки}$$

Характеристики прокладки из паронита по таблице 4.6 [8,стр.248]:

$$m := 2.5 \quad \text{-прокладочный коэффициент}$$

$$q_{o6} := 20 \text{ МПа} \quad \text{-удельное давление обжатия прокладки}$$

$$q_d := 130 \text{ МПа} \quad \text{-допускаемое удельное давление}$$

$$K_{o6} := 0.9 \quad \text{-коэффициент обжатия}$$

$$E_n := 0.02 \cdot 10^5 \text{ МПа} \quad \text{-условный модуль сжатия прокладки}$$

Усилие, необходимое для смятия прокладки при затяжке [8,стр.235]:

$$P_{o6} := 0.5 \cdot \pi \cdot D_{cn} \cdot b_0 \cdot m \cdot q_{o6} = 4.517 \times 10^5 \text{ Н}$$

Усилие на прокладке в рабочих условиях, необходимое для обеспечения герметичности фланцевого соединения:

$$R_n := \begin{cases} \pi \cdot D_{cn} \cdot b_0 \cdot m \cdot P & \text{if } P \geq 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$R_n = 9.169 \times 10^3 \text{ Н}$$

Площадь поперечного сечения болтов(шпилек) по табл 4.3
[8,стр.235]:

$$f_6 := 324 \text{ мм}^2$$

Суммарная площадь сечения болтов (шпилек) по внутреннему диаметру резьбы или нагруженному сечению наименьшего диаметра:

$$A_6 := n \cdot f_6 = 6.48 \times 10^3 \text{ мм}^2$$

Равнодействующая нагрузка от давления:

$$Q_d := \frac{\pi}{4} \cdot (D_{cn})^2 \cdot P = 6.51 \times 10^4 \text{ Н}$$

Приведенная нагрузка, вызванная воздействием внешней силы и изгибающего момента:

$$Q_{FM} := \max \left(\left| F + \frac{4 \cdot |M|}{D_{cn}} \right|, \left| F - \frac{4 \cdot |M|}{D_{cn}} \right| \right)$$

$$Q_{FM} = 0 \text{ Н}$$

Податливость прокладки:

$$y_n := \frac{h_n \cdot K_{об}}{E_n \cdot \pi \cdot D_{cn} \cdot b_n} = 4.981 \times 10^{-8} \text{ мм/Н}$$

Расстояние между опорными поверхностями гайки и головки болта или опорными поверхностями гаек:

$$L_{60} := 93 - 54 = 39 \text{ мм}$$

Эффективная длина болта при определении податливости:

$$L_6 := L_{60} + 0.28 \cdot d = 45.72 \text{ мм}$$

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ ООО ООО ПЗ

Лист

69

Податливость болтов:

$$y_6 := \frac{L_6}{E_{206} \cdot A_6} = 3.546 \times 10^{-8} \quad \text{мм/Н}$$

Расчетные параметры фланцев:

-параметр длины обечайки:

$$l_0 := \sqrt{D \cdot S_0} = 66.408 \text{ мм}$$

-отношение наружного диаметра тарелки фланца к внутреннему диаметру:

$$K := \frac{D_H}{D} = 1.198$$

-коэффициенты, зависящие от соотношения размеров тарелки фланца:

$$\beta_T := \frac{K^2 \cdot (1 + 8.55 \cdot \log(K)) - 1}{(1.05 + 1.945 \cdot K^2) \cdot (K - 1)} = 1.838$$

$$\beta_U := \frac{K^2 \cdot (1 + 8.55 \cdot \log(K)) - 1}{1.36 \cdot (K^2 - 1) \cdot (K - 1)} = 11.907$$

$$\beta_Y := \frac{1}{(K - 1)} \cdot \left[0.69 + 5.72 \cdot \frac{K^2 \cdot \log(K)}{(K^2 - 1)} \right] = 10.939$$

$$\beta_Z := \frac{(K^2 + 1)}{(K^2 - 1)} = 5.585$$

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ ООО ООО ПЗ

Лист

70

-коэффициенты для фланцевых соединений с плоскими фланцами:

$$\beta_F := 0.91 \quad \beta_V := 0.55 \quad f := 1$$

-коэффициент λ :

$$\lambda := \frac{\beta_F \cdot h + l_0}{\beta_T \cdot l_0} + \frac{\beta_V \cdot h^3}{\beta_U \cdot l_0 \cdot (S_0)^2} = 0.952$$

Угловая податливость фланца при затяжке

$$y_\phi := \frac{0.91 \cdot \beta_V}{E_{20\phi} \cdot \lambda \cdot l_0 \cdot (S_0)^2} = 8.075 \times 10^{-10}$$

Угловая податливость фланца, нагруженного внешним изгибающим моментом:

$$y_{\phi H} := \left(\frac{\pi}{4} \right)^3 \cdot \frac{D_6}{E_{20\phi} \cdot h^3 \cdot D_H} = 1.448 \times 10^{-10}$$

Коэффициент, учитывающий изгиб тарелки фланца между болтами:

$$C_F := \max \left[1, \sqrt{\frac{\pi \cdot D_6}{n \cdot \left(2 \cdot d + \frac{6 \cdot h}{m - 0.5} \right)}} \right] = 1$$

Приведенный диаметр плоского фланца:

$$D_{np} := D$$

Плечо действия усилий в болтах для приварных встык и плоских фланцев:

$$b := 0.5 \cdot (D_6 - D_{cn}) = 33 \quad \text{мм}$$

Плечо усилия от действия давления на фланец для всех типов фланцев:

$$e := 0.5 \cdot (D_{cn} - D - S_0) = 1 \quad \text{мм}$$

Эквивалентная толщина плоских фланцев:

$$S_\theta := S_0$$

Коэффициент жесткости фланцевого соединения для приварных встык и плоских фланцев:

$$\gamma := \frac{1}{y_n + y_6 \cdot \frac{E_{206}}{E_6} + 2 \cdot b^2 \cdot y_\phi \cdot \frac{E_{20\phi}}{E_\phi}} = 5.419 \times 10^5$$

Коэффициент жесткости фланцевого соединения, нагруженного внутренним давлением или внешней осевой силой для приварных встык и плоских фланцев с плоскими прокладками:

$$\alpha := 1 - \frac{y_n - 2 \cdot e \cdot y_\phi \cdot b}{y_n + y_6 + 2 \cdot b^2 \cdot y_\phi} = 1.002$$

Коэффициент жесткости фланцевого соединения, нагруженного внешним изгибающим моментом:

$$\alpha_M := \frac{y_6 + 2 \cdot y_{\phi H} \cdot b \cdot \left(b + e - \frac{e^2}{D_{cn}} \right)}{y_6 + y_n \cdot \left(\frac{D_6}{D_{cn}} \right)^2 + 2 \cdot y_{\phi H} \cdot b^2} = 0.876$$

Нагрузка, вызванная стесненностью температурных деформаций:

$$Q_t := \gamma \cdot [2 \cdot \alpha_\phi \cdot h \cdot (t_\phi - 20) - 2 \cdot \alpha_6 \cdot h \cdot (t_6 - 20)] = 1.375 \times 10^4 \text{ Н}$$

Расчетная нагрузка на болты при затяжке, необходимая для обеспечения в рабочих условиях давления на прокладку, достаточного для герметизации фланцевого соединения:

$$X_x := \alpha \cdot (Q_d + F) + R_n + \frac{4 \cdot \alpha_M \cdot |M|}{D_{cn}}$$

$$X_{xx} := \alpha \cdot (Q_d + F) + R_n + \frac{4 \cdot \alpha_M \cdot |M|}{D_{cn}} - Q_t$$

$$P_{61} := \max(X_x, X_{xx})$$

$$P_{61} = 7.439 \times 10^4 \text{ Н}$$

Расчетная нагрузка на болты при затяжке, необходимая для обеспечения в обжатия прокладки и минимального начального натяжения болтов:

$$P_{06} = 4.517 \times 10^5 \text{ Н}$$

$$P_{62} := \max(P_{06}, 0.4 \cdot A_6 \cdot \sigma_{206}) = 4.517 \times 10^5 \text{ Н}$$

Расчетная нагрузка на болты при затяжке фланцевого соединения:

$$P_{6M} := \max(P_{61}, P_{62}) = 4.517 \times 10^5 \text{ Н}$$

Расчетная нагрузка на болты фланцевого соединения в рабочих условиях:

$$P_{6p} := P_{6M} + (1 - \alpha) \cdot (Q_d + F) + Q_t + \frac{4 \cdot (1 - \alpha_M) \cdot |M|}{D_{cn}} = 4.653 \times 10^5 \text{ Н}$$

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ ООО ООО ПЗ

Лист

73

Проверка прочности болтов и прокладки:

Расчетные напряжения в болтах:

-при затяжке:

$$\sigma_{61} := \frac{P_{6M}}{A_6} = 69.704 \quad \text{МПа}$$

-в рабочих условиях

$$\sigma_{62} := \frac{P_{6p}}{A_6} = 71.808 \quad \text{МПа}$$

Проверка условий прочности болтов при затяжке и в рабочих условиях:

$$U1 := \begin{cases} \text{"Условия проч. при затяжке НЕ выполняются"} & \text{if } \sigma_{61} > \sigma_{206} \\ \text{"Условия проч. в р. условиях НЕ выполняются"} & \text{if } \sigma_{62} > \sigma_{d6} \\ \text{"Условия проч. выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$U1 = \text{"Условия проч. выполняются"}$$

$$\sigma_{61} = 69.704 \quad \text{МПа} \quad \sigma_{206} = 140 \quad \text{МПа}$$

$$\sigma_{62} = 71.808 \quad \text{МПа} \quad \sigma_{d6} = 135 \quad \text{МПа}$$

Удельное давление на прокладку:

$$q := \frac{\max(P_{6M}, P_{6p})}{\pi \cdot D_{cn} \cdot b_n} = 25.754 \text{ МПа}$$

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ 000 000 ПЗ

Лист

74

Условие прочности прокладки:

$$U2 := \begin{cases} \text{"Условие прочности прокладки НЕ выполняется"} & \text{if } q > q_d \\ \text{"Условие прочности прокладки выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$U2 = \text{"Условие прочности прокладки выполняется"}$$

$$q = 25.754 \text{ МПа} \quad q_d = 130 \text{ МПа}$$

Расчет фланцев на статическую прочность

Расчетный изгибающий момент, действующий на плоский фланец при затяжке:

$$M_M := C_F \cdot P_{6M} \cdot b = 1.491 \times 10^7 \text{ Н*мм}$$

Расчетный изгибающий момент, действующий на плоский фланец в рабочих условиях:

$$M_P := C_F \cdot \max[P_{6p} \cdot b + (Q_d + Q_{FM}) \cdot e, Q_d + Q_{FM} \cdot |e|]$$

$$M_P = 1.542 \times 10^7 \text{ Н*мм}$$

Расчетные напряжения во фланце при затяжке:

-меридианальное изгибное напряжение в обечайке плоского фланца:

$$\sigma_{0M} := \frac{M_M}{\lambda \cdot (S_0 - c_0)^2 \cdot D_{np}} = 507 \text{ МПа}$$

-напряжения в тарелке плоского фланца в условиях затяжки:

-радиальное напряжение:

$$\sigma_{RM} := \frac{1.33 \cdot \beta_F \cdot h + l_0}{\lambda \cdot h^2 \cdot l_0 \cdot D} \cdot M_M = 57.86 \quad \text{МПа}$$

-окружное напряжение:

$$\sigma_{TM} := \frac{\beta_Y \cdot M_M}{h^2 \cdot D} - \beta_Z \cdot \sigma_{RM} = 90.944 \quad \text{МПа}$$

Расчетные напряжения во фланце в рабочих условиях:

-меридианальное изгибное напряжение для плоского фланца:

$$\sigma_{Op} := \frac{M_p}{\lambda \cdot (S_0 - c_0)^2 \cdot D_{np}} = 524.515 \quad \text{МПа}$$

-максимальные меридиональные мембранные напряжения в обечайке плоского фланца

$$\sigma_{OMP} := \max \left[\frac{Q_d + F + \frac{4 \cdot |M|}{D_{cn}}}{\pi \cdot (D + S_0) \cdot (S_0 - c_0)}, \frac{Q_d + F - \frac{4 \cdot |M|}{D_{cn}}}{\pi \cdot (D + S_0) \cdot (S_0 - c_0)} \right]$$

$$\sigma_{OMP} = 4.647 \quad \text{МПа}$$

Напряжения в тарелке приварного плоского фланца в рабочих условиях:

-радиальное напряжение:

$$\sigma_{RP} := \frac{1.33 \cdot \beta_F \cdot h + l_0}{\lambda \cdot h^2 \cdot l_0 \cdot D} \cdot M_P = 59.858 \quad \text{МПа}$$

-окружное напряжение:

$$\sigma_{TP} := \frac{\beta_Y \cdot M_P}{h^2 \cdot D} - \beta_Z \cdot \sigma_{RP} = 94.086 \quad \text{МПа}$$

Проверка условий статической прочности фланцев:

$$\sigma_{Pmax} := \max \left(\begin{pmatrix} |\sigma_{0p} - \sigma_{0MP} - \sigma_{TP}| \\ |\sigma_{0p} - \sigma_{0MP} + \sigma_{RP}| \\ |\sigma_{0p} + \sigma_{0MP}| \end{pmatrix} \right)$$

$$\sigma_{3max} := \max(|\sigma_{0M} + \sigma_{RM}|, |\sigma_{0M} + \sigma_{TM}|) = 597.945$$

$x_1 :=$ "Условие статической проч. при затяжке и в р.усл. выполняется"

$x_2 :=$ "Условие статической прочности НЕ выполняется"

$$U3 := \begin{cases} x_1 & \text{if } \sigma_{3max} < 1.3 \cdot 3 \cdot \sigma_{20\phi} \wedge \sigma_{Pmax} < 1.3 \cdot 3 \cdot \sigma_{d\phi} \\ x_2 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$U3 =$ "Условие статической проч. при затяжке и в р.усл. выполняется"

$$\sigma_{3max} = 597.945 \quad \text{МПа} \quad 1.3 \cdot 3 \cdot \sigma_{20\phi} = 717.6 \quad \text{МПа}$$

$$\sigma_{Pmax} = 579.727 \quad \text{МПа} \quad 1.3 \cdot 3 \cdot \sigma_{d\phi} = 680.55 \quad \text{МПа}$$

$x_1 :=$ "Условие статической проч. при затяжке и в р.усл. выполняется"

Проверка углов поворота фланцев:

Угол поворота плоского фланца:

$$\Theta := M_p \cdot y_\phi \cdot \frac{E_{20\phi}}{E_\phi} = 0.012$$

Допустимый угол поворота плоского фланца:

$$\Theta_d := 0.013$$

$U_{\text{пов}} :=$

$\left \begin{array}{l} \text{"Условие при испытаниях НЕ выполняется"} \\ \text{"Условие в работе аппарата НЕ выполняется"} \\ \text{"Условие поворота плоского фланца выполняется"} \end{array} \right.$	$\begin{array}{l} \text{if } \Theta > 1.3 \cdot \Theta_d \\ \text{if } \Theta > \Theta_d \\ \text{otherwise} \end{array}$
--	---

$U_{\text{пов}} =$ "Условие поворота плоского фланца выполняется"

4.6 Расчет тарелок на прогиб.

Тарелки отмечены частично на расчетной схеме (рис. 11) под номером 7.

Определим толщину тарелки колонного аппарата диаметром D , на которой находится слой жидкости высотой h , плотность жидкости ρ . Ширина прорезей d , шаг t , масса тарелки M . Тип тарелки ситчатая с отбойными элементами, материал тарелки и ее частей: 12X18H10T

Механический расчет тарелок в зависимости от их конструкции включает:

- расчет диска и опорного каркаса на прочность и жесткость;
- проверку контактных устройств на жесткость [16, стр.102].

$$D := 1.8 \text{ м} \quad h := 0.05 \text{ м} \quad d := 0.004 \text{ м}$$

$$\rho_{\text{ср}} := 871.3 \text{ кг/м}^3 \quad g := 9.816 \text{ м/с}^2$$

$$R := \frac{D}{2} = 0.9 \text{ м} \quad l_1 := 1040 \text{ мм} \quad \text{ширина данной тарелки, за вычетом 2х сегментов.}$$

$$\mu := 0.3 \quad \text{-коэффициент Пуассона (для стали =0.3)}$$

$$\rho_{\text{ма}} := 7900 \text{ кг/м}^3 \quad \text{-плотность стали 12X18H10T}$$

$$(\sigma) := 174000000 \text{ Па} \quad \text{-допускаемое напряжение для стали 12X18H10T при температуре 100°C}$$

$$E := 2 \cdot 10^{11} \text{ Па} \quad \text{-модуль продольной упругости}$$

$$m_{\text{се}} := \rho_{\text{ма}} \cdot 2 \cdot 4 \cdot 117124.024 \cdot 10^{-9} = 7.402 \text{ кг} \quad \text{-масса 2х сегментов тарелки}$$

$$m_{\text{р}} := \rho_{\text{ма}} \cdot 4 \cdot 1468.88 \cdot l_1 \cdot 10^{-9} = 48.273 \text{ кг} \quad \text{-масса центрального параллелограмма тарелки}$$

$$m_{\text{ое}} := \rho_{\text{ма}} \cdot 6 \cdot 1670 \cdot 4 \cdot 150 \cdot 10^{-9} \cdot 1.1 = 52.244 \text{ кг} \quad \text{-масса отбойных элементов плюс добавка на крепления}$$

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ 000 000 ПЗ

Лист

79

$M := m_{ce} + m_p + m_{oe} = 107.92 \quad \text{кг}$ -масса принята при
толщине тарелки 4 мм

$$Q_T := M \cdot g = 1.059 \times 10^3 \quad \text{Н}$$

[8]

$$Q_C := \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot h \cdot \rho_{cp} \cdot g = 1.088 \times 10^3 \quad \text{Н}$$

$$Q := Q_T + Q_C$$

$$p := \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} = 843.929 \quad \text{Па}$$

Расчётная толщина пластины:

$$S' := 0.56 \cdot D \cdot \sqrt{\frac{p}{(\sigma)}} = 2.22 \times 10^{-3} \quad \text{м}$$

Цилиндрическая жесткость:

$$N := \frac{E \cdot (S')^3}{12 \cdot (1 - \mu^2)} = 200.366 \quad \text{Н*м}$$

Прогиб в центре тарелки:

$$\omega := 4.08 \cdot \frac{p \cdot R^4}{64 \cdot N} = 0.176 \quad \text{м} > \frac{1 \cdot D}{2000} = 9 \times 10^{-4} \quad \text{м} \Rightarrow$$

Примем $S' := 13 \cdot 10^{-3} \quad \text{м}$

Цилиндрическая жесткость:

$$N := \frac{E \cdot (S')^3}{12 \cdot (1 - \mu^2)} = 4.024 \times 10^4 \quad \text{Н*м}$$

Прогиб в центре тарелки:

$$\omega := 4.08 \cdot \frac{p \cdot R^4}{64 \cdot N} = 8.772 \times 10^{-4} \text{ м} < \frac{1 \cdot D}{2000} = 9 \times 10^{-4} \text{ м} \Rightarrow$$

Отсюда следует необходимость укрепить тарелки каркасом, так как рекомендуемая толщина тарелки не должна превышать 4 мм.

Примем $S := 4 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

В качестве каркаса примем уголки расположенные как на схеме ниже.

Размеры уголка: 100x100x8 мм с учетом поправки на коррозию

Материал 12X18H10T

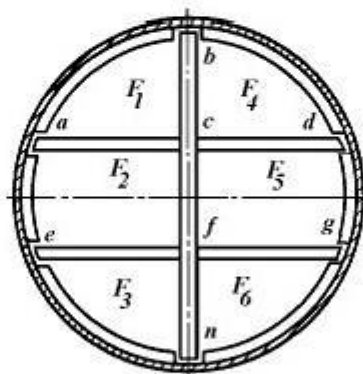


Рис.17. Схема каркаса тарелки.

$$cf := \frac{1}{3} \cdot D = 0.6 \text{ м}$$

$$cd := ac$$

$$bc := cf \quad fn := bc$$

$$ef := cd$$

$$fg := ef$$

$$ac := \sqrt{R^2 - (0.5 \cdot cf^2)} = 0.794 \text{ м}$$

$$F_1 = F_3 = F_4 = F_6$$

$$F_2 = F_5$$

$$ab := \sqrt{ac^2 + bc^2} = 0.995 \text{ м} \quad \text{-длина хорды ab}$$

$$\theta := 2 \arccos \left[\frac{\sqrt{R^2 - (0.5ab)^2}}{R} \right] = 1.171 \text{ рад} \quad \text{-угол сегмента ab}$$

$$S_s := \theta \cdot R = 1.054 \text{ м} \quad \text{-длина округлой части сегмента ab}$$

$$F_{\text{ceg1}} := 0.5 \cdot R^2 \cdot (\theta - \sin(\theta)) = 0.101 \text{ м}^2 \quad \text{-площадь отдельных сегментов типа "aba"}$$

$$F_1 := 0.5 \cdot ac \cdot bc + F_{\text{ceg1}} = 0.339 \text{ м}^2$$

$$F_2 := \frac{R^2 \cdot \pi - 4 \cdot F_1}{2} = 0.594 \text{ м}^2$$

Нагрузка на площади $F_1 \dots F_6$, ограниченные по контуру опорными балками и кольцом:

$$Q_1 := p \cdot F_1 = 286.432 \text{ Н}$$

$$Q_2 := p \cdot F_2 = 500.905 \text{ Н}$$

$$ae := cf = 0.6 \text{ м} \quad \text{-длина хорды ae}$$

$$\theta_2 := 2 \arccos \left[\frac{\sqrt{R^2 - (0.5ae)^2}}{R} \right] = 0.68 \text{ рад} \quad \text{-угол сегмента ae}$$

$$S_{s2} := \theta_2 \cdot R = 0.612 \text{ м} \quad \text{-длина округлой части сегмента ae}$$

Удельная нагрузка, приходящаяся на единицу длины:

$$q_1 := \frac{Q_1}{S_s + bc + ac} = 117.008 \text{ Н/м}$$

$$q_2 := \frac{Q_2}{ef + cf + ac + S_{s2}} = 178.949 \text{ Н/м}$$

Нагрузка от собственного веса уголков:

$$q_6 := (\rho_{ma} \cdot 15.6 \cdot 10^{-4}) \cdot g = 120.972 \text{ Н/м}$$

$$q'_6 := q_6$$

Суммарные удельные, равномерно распределенные нагрузки на отдельные участки балки b_h , с учетом нагрузки от собственного веса балки:

$$q_{bc} := 2 \cdot q_1 + q_6 = 354.989 \text{ Н/м}$$

$$q_{cf} := 2 \cdot q_2 + q_6 = 478.87 \text{ Н/м}$$

$$q_{fh} := q_{bc} = 354.989 \text{ Н/м}$$

$$G_c := (q_1 + q_2 + q'_6) \cdot a_c = 330.927 \text{ Н}$$

$$G_f := G_c = 330.927 \text{ Н}$$

$$g_c := \frac{G_c}{\frac{2}{3} \cdot D} = 275.773 \text{ Н/м}$$

$$g_f := g_c$$

$$J_y := 147.19 \text{ см}^4 \quad \text{-момент инерции данного уголка}$$

Величина прогиба уголка:

$$f_c := \frac{5 \cdot (q_{bc} + q_{cf} + q_{fh} + g_c + g_f) \cdot 180^4}{384 \cdot E \cdot J_y} = 8.081 \times 10^{-4} \text{ м} < \frac{1 \cdot 1.8}{2000} \Rightarrow$$

Данный уголок подходит под поддержку тарелки.

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ ООО ООО ПЗ

Лист

83

4.7 Расчет ветровой нагрузки.

Внутренний диаметр колонны:

$$D_1 := 1.8 \text{ м}$$

Толщина стенки обечайки:

$$s_1 := 0.007 \text{ м}$$

Толщина стенки днища и крышки:

$$s_2 := 0.008 \text{ м}$$

Высота колонны

$$H_{ap} := 27.8 \text{ м}$$

Плотность материала сталь 12X18H10T (2-х мм пластин
внутренней стороны корпуса аппарата)

$$\rho_{mat} := 7900 \text{ кг/м}^3$$

Плотность материала сталь Ст3

$$\rho_{mat2} := 7850 \text{ кг/м}^3$$

Плотность воды кг/м³

$$\rho_{vod} := 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$g := 9.807 \text{ м/с}^2$$

$$t_{раб} := 96 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Масса корпуса:

$$H_{06} := H_{ap} - 2 \cdot 0.45 = 26.9 \text{ м} \quad \text{-высота обечайки без учета крышки и днища}$$

$$D_2 := 1.804 \text{ м} \quad \text{-внутренний диаметр слоя стали Ст3/внешний диаметр стали 12X18H10T}$$

$$D_3 := 1.814 \text{ м} \quad \text{-внешний диаметр слоя стали Ст3}$$

$$M_{vs} := \frac{\pi}{4} \cdot \rho_{mat2} \cdot H_{06} \cdot (D_3^2 - D_2^2) = 6 \times 10^3 \text{ кг} \quad \text{-масса внешнего слоя из Ст3 обечайки}$$

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ 000 000 ПЗ

Лист

84

$$M_s := \frac{\pi}{4} \cdot \rho_{\text{mat}} \cdot H_{06} \cdot (D_2^2 - D_1^2) = 2.406 \times 10^3 \text{ кг}$$

-масса внутреннего
слоя из стали
12X18H10T
обечайки

$$M_K := M_{vs} + M_s = 8.407 \times 10^3 \text{ кг}$$

Масса днища и крышки

$$M_{DK} := 2 \cdot 240 = 480 \text{ кг}$$

Масса тарелок

$$n_T := 34 \text{ -число тарелок}$$

$$m_T := 107.92 \text{ кг -масса одной тарелки}$$

$$M_T := m_T \cdot n_T = 3.669 \times 10^3 \text{ кг}$$

Масса воды при испытании

$$M_B := \pi \cdot D_1^2 \cdot H_{ap} \cdot \rho_{\text{vod}} = 2.83 \times 10^5 \text{ кг}$$

Масса колонны во время гидроиспытаний:

$$M_{kol} := M_T + M_B + M_K + M_{DK} = 2.955 \times 10^5 \text{ кг}$$

Расчет аппарата на ветровую нагрузку

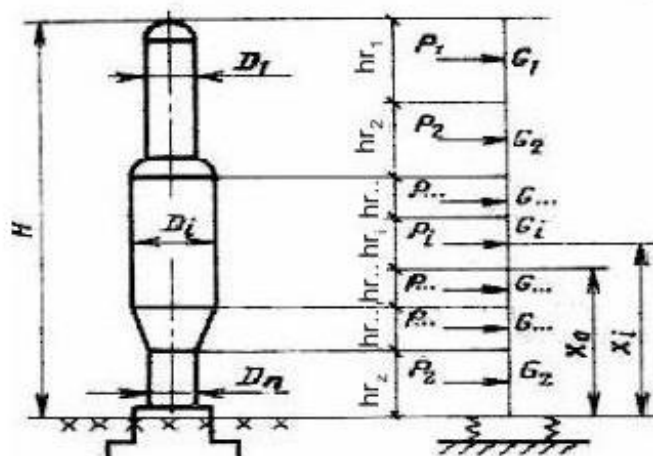


Рис. 18. Расчетная схема аппарата колонного типа для определения ветровой нагрузки.

Количество участков $hr_z := 3$

Высота колонны $H_K := 27.8 \text{ м}$

Высота опоры $H_{on} := 2 \text{ м}$

$H_1 := 9.7 \text{ м}$

$H_2 := 9 \text{ м}$ -участки по высоте колонны

$H_3 := 9.1 \text{ м}$

$H := H_1 + H_2 + H_3 = 27.8 \text{ м}$

Высота аппарата вместе с опорой:

$H_{app} := H_{on} + H_K = 29.8 \text{ м}$

Необходимость проведения расчета аппарата на ветровую нагрузку:

$K := \begin{cases} 5 & \text{if } H_{app} < 10 \\ 1.5 & \text{otherwise} \end{cases}$

$Usl_{vetr} := \begin{cases} \text{"расчет на ветровые нагрузки необходим"} & \text{if } \frac{H_{app}}{D_1} > K \\ \text{"расчет на ветровые нагрузки не обязателен"} & \text{otherwise} \end{cases}$

$Usl_{vetr} = \text{"расчет на ветровые нагрузки необходим"}$

Аппарат размещается на улице:

$Shem := \begin{cases} \text{"расч. сх. аппарата в виде консольного стержня"} & \text{if } \frac{H_{app}}{D_1} \geq 15 \\ \text{"в виде упруго защемленного стержня"} & \text{if } \frac{H_{app}}{D_1} < 15 \end{cases}$

$Shem = \text{"расч. сх. аппарата в виде консольного стержня"}$

$$h_1 := 9.7 \quad \text{м}$$

$$h_2 := 9 \quad \text{м} \quad \text{-участки с учетом высоты опоры}$$

$$h_3 := 11.1 \quad \text{м}$$

Высота центров масс разбитых участков от фундамента:

$$x_3 := \frac{h_3}{2} = 5.55 \quad \text{м}$$

$$x_2 := h_3 + \frac{h_2}{2} = 15.6 \quad \text{м}$$

$$x_1 := h_3 + h_2 + \frac{h_1}{2} = 24.95 \quad \text{м}$$

Вес аппарата, заполненного жидкостью:

$$M_{\text{ap}} := M_{\text{kol}} \cdot g = 2.898 \times 10^6 \quad \text{Н}$$

Вес пустого аппарата:

$$M_{\text{app}} := (M_K + M_{\text{ДК}} + M_T) \cdot g = 1.231 \times 10^5 \quad \text{Н}$$

Определение периода собственных колебаний (минимальный и максимальный):

Модуль упругости материала в
рабочих условиях:

$$E := \text{Floor} \left[\text{linterp} \left[\begin{pmatrix} 20 \\ 100 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1.99 \cdot 10^5 \\ 1.91 \cdot 10^5 \end{pmatrix}, t_{\text{раб}} \right], 0.5 \right] = 1.914 \times 10^5 \quad \text{МПа}$$

Модуль упругости при гидроиспытаниях:

$$E_{20} := 1.99 \cdot 10^5 \quad \text{МПа}$$

Момент инерции верхнего основного металлического сечения аппарата относительно центральной оси:

$$I_1 := \left(\frac{\pi \cdot D_1^3}{8} \right) \cdot (s_1) = 0.016 \quad \text{м}^4$$

Момент инерции нижнего основного металлического сечения аппарата относительно центральной оси:

$$I_2 := I_1 = 0.016 \quad \text{м}^4$$

Минимальный период собственных колебаний (пустой аппарат)

$$T_{\min} := 1.8 \cdot H_{\text{ap}} \cdot \sqrt{\left(\frac{M_{\text{app}}}{g} \right) \cdot \frac{H_{\text{ap}}}{E \cdot I_2}} = 533.707 \quad \text{с}$$

Максимальный период собственных колебаний:

$$T_{\max} := 1.89 \cdot H_{\text{ap}} \cdot \sqrt{\left(\frac{M_{\text{ap}}}{g} \right) \cdot \frac{H_{\text{ap}}}{E \cdot I_2}} = 2.719 \times 10^3 \quad \text{с}$$

Скоростной напор ветра, согласно:

$$q_0 := 350 \quad \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$$

Коэффициент Θ_i учитывающий изменение ветрового давления по высоте аппарата для каждого участка:

$$\begin{aligned} \Theta_1 &:= \left(\frac{x_1}{10} \right)^{0.32} = 1.34 & \Theta_3 &:= \left(\frac{x_3}{10} \right)^{0.32} = 0.828 \\ \Theta_2 &:= \left(\frac{x_2}{10} \right)^{0.32} = 1.153 \end{aligned}$$

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ 000 000 ПЗ

Лист

88

Нормативное значение статической составляющей ветровой нагрузки на середине i -го участка аппарата: $K := 0.7$ - аэродинамический коэффициент (для цилиндрического стержня).

$$q_{1CT} := q_0 \cdot \Theta_1 \cdot K = 328.268 \text{ Н/м}^2$$

$$q_{2CT} := q_0 \cdot \Theta_2 \cdot K = 282.466 \text{ Н/м}^2$$

$$q_{3CT} := q_0 \cdot \Theta_3 \cdot K = 202.927 \text{ Н/м}^2$$

Толщина стенки аппарата, в местах соприкосновения с опорой:

$$s_{CT} := s_2 = 8 \times 10^{-3} \text{ м}$$

Наружный диаметр участка:

$$D_{Нап1} := D_1 + 2 \cdot s_1 = 1.814 \text{ м}$$

$$D_{Нап2} := D_{Нап1} = 1.814 \text{ м}$$

$$D_{Нап3} := D_{Нап1} = 1.814 \text{ м}$$

Статическая составляющая ветровой нагрузки на каждом участке:

$$P_{1CT} := q_{1CT} \cdot D_{Нап1} \cdot h_1 = 5.776 \times 10^3 \text{ Н}$$

$$P_{2CT} := q_{2CT} \cdot D_{Нап2} \cdot h_2 = 4.612 \times 10^3 \text{ Н}$$

$$P_{3CT} := q_{3CT} \cdot D_{Нап3} \cdot h_3 = 4.086 \times 10^3 \text{ Н}$$

Коэффициент динамичности:

При минимальном периоде собственного колебания:

$$\epsilon_1 := T_{\min} \cdot \frac{\sqrt{q_0}}{790} = 12.639$$

$$\xi_1 := 1.1 + \sqrt{15.5 \cdot \epsilon_1} = 15.097$$

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ 000 000 ПЗ

Лист

89

При максимальном периоде собственного колебания:

$$\varepsilon_2 := T_{\max} \cdot \frac{\sqrt{q_0}}{790} = 64.384$$

$$\xi_2 := 1.1 + \sqrt{15.5 \cdot \varepsilon_2} = 32.69$$

Коэффициент пульсаций скоростного напора:

$$m_1 := 0.76 \cdot \left(\frac{x_1}{10} \right)^{-0.15} = 0.663$$

$$m_2 := 0.76 \cdot \left(\frac{x_2}{10} \right)^{-0.15} = 0.711$$

$$m_3 := 0.76 \cdot \left(\frac{x_3}{10} \right)^{-0.15} = 0.83$$

Коэффициент увеличения скорости напора:

При максимальной силе тяжести аппарата:

$$\beta_1 := 1 + \xi_2 \cdot m_1 = 22.661 \quad \beta_3 := 1 + \xi_2 \cdot m_3 = 28.139$$

$$\beta_2 := 1 + \xi_2 \cdot m_2 = 24.241$$

При минимальной силе тяжести аппарата:

$$\beta_4 := 1 + \xi_1 \cdot m_1 = 11.003 \quad \beta_6 := 1 + \xi_1 \cdot m_3 = 13.533$$

$$\beta_5 := 1 + \xi_1 \cdot m_2 = 11.733$$

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ ООО ООО ПЗ

Лист

90

Сила от ветровой нагрузки, действующая на каждый из участков аппарата:

При максимальной силе тяжести аппарата:

$$P_1 := 0.6 \cdot \beta_1 \cdot D_1 \cdot q_{1CT} \cdot x_1 = 2.004 \times 10^5 \quad \text{Н}$$

$$P_2 := 0.6 \cdot \beta_2 \cdot D_2 \cdot q_{2CT} \cdot x_2 = 1.156 \times 10^5 \quad \text{Н}$$

$$P_3 := 0.6 \cdot \beta_2 \cdot D_2 \cdot q_{3CT} \cdot x_3 = 2.955 \times 10^4 \quad \text{Н}$$

При минимальном весе аппарата:

$$P_4 := 0.6 \cdot \beta_4 \cdot D_1 \cdot q_{1CT} \cdot x_1 = 9.733 \times 10^4 \quad \text{Н}$$

$$P_5 := 0.6 \cdot \beta_5 \cdot D_2 \cdot q_{2CT} \cdot x_2 = 5.596 \times 10^4 \quad \text{Н}$$

$$P_6 := 0.6 \cdot \beta_5 \cdot D_2 \cdot q_{3CT} \cdot x_3 = 1.43 \times 10^4 \quad \text{Н}$$

Изгибающий момент от ветровой нагрузки на аппарат относительно основания при максимальной силе тяжести аппарата:

При максимальной силе тяжести аппарата:

$$M_{B1} := P_1 \cdot x_1 = 5.001 \times 10^6 \quad \text{Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{B2} := P_2 \cdot x_2 = 1.804 \times 10^6 \quad \text{Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{B3} := P_3 \cdot x_3 = 1.64 \times 10^5 \quad \text{Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{B_max} := M_{B1} + M_{B2} + M_{B3} = 6.969 \times 10^6 \quad \text{Н} \cdot \text{м}$$

При минимальной силе тяжести аппарата:

$$M_{B4} := P_4 \cdot x_1 = 2.428 \times 10^6 \quad \text{Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{B5} := P_5 \cdot x_2 = 8.73 \times 10^5 \quad \text{Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{B6} := P_6 \cdot x_3 = 7.938 \times 10^4 \quad \text{Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{B_min} := M_{B4} + M_{B5} + M_{B6} = 3.381 \times 10^6 \quad \text{Н} \cdot \text{м}$$

4.8 Расчет опоры аппарата.

Опорная обечайка отмечена на расчетной схеме (рис. 11) под номером 8.

Расчетные размеры опорного кольца:

Примем данные согласно табл.3 [18, стр.11]

Внутренний диаметр кольца:

$$D_{1B} := 1.690 \quad \text{м}$$

Наружный диаметр кольца:

$$D_{3B} := 2.05 \quad \text{м}$$

Опорная площадь кольца:

$$F_K := \left(\frac{\pi \cdot D_{3B}^2}{4} \right) - \left(\frac{\pi \cdot D_{1B}^2}{4} \right) = 1.057 \quad \text{м}^2$$

Ширина фундаментного кольца:

$$L_{\phi} := D_{3B} - D_{1B} = 0.36 \quad \text{м}$$

Момент инерции фундаментного кольца:

$$I_k := \frac{\pi \cdot D_2^3}{8} \cdot L_{\phi} = 0.83 \quad \text{м}^4$$

Момент инерций подошвы фундамента относительно центральной оси:

$$I_{\phi} := 1.3 \cdot I_k = 1.079 \quad \text{м}^4$$

Момент сопротивления опорной площадки кольца:

$$W_k := \frac{\pi}{32} \cdot \left(\frac{D_{3B}^4 - D_{1B}^4}{D_{3B}} \right) = 0.455 \quad \text{м}^3$$

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ ООО ООО ПЗ

Лист

92

Максимальное напряжение сжатие на опорной поверхности опорного кольца:

$$\sigma_{\max} := \frac{M_{\text{ар}}}{F_K} = 2.741 \times 10^6 \text{ Па}$$

Допускаемая удельная нагрузка на опорной поверхности:

$$q_d := \frac{3.2 \cdot 10^6}{F_K} = 3.026 \times 10^6 \text{ Па}$$

Проверка выполнения условий:

$$U_{\text{сл}_{\text{рас4еТа}}} := \begin{cases} \text{"Не требуется вносить изменения"} & \text{if } \sigma_{\max} \leq q_d \\ \text{"Внести изменения в размеры внутреннего кольца"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$U_{\text{сл}_{\text{рас4еТа}}} = \text{"Не требуется вносить изменения"}$$

Временное сопротивление материала Ст3:

$$\sigma_B := 460 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Предел выносливости:

$$\sigma_{-1} := 0.44 \cdot \sigma_B = 2.024 \times 10^8 \text{ Па}$$

Номинальная расчетная толщина опорного кольца:

$$l := \frac{D_{3B} - D_2}{2} = 0.123 \text{ м}$$

$$s_K := 1.73 \cdot l \cdot \sqrt{\frac{\sigma_{\max}}{\sigma_{-1}}} = 0.025 \text{ м}$$

Принимаем толщину опорного кольца :

$$s := 0.025 \text{ м}$$

Расчет на устойчивость аппарата против опрокидывания от ветровой нагрузки:

$$\sigma := \min \left(\frac{M_{ap}}{F_K} + \frac{M_{B_max}}{W_k}, \frac{M_{ap}}{F_K} - \frac{M_{B_min}}{W_k} \right) = -4.687 \times 10^6 \text{ Па}$$

$$\sigma = -4.687 \times 10^6 \text{ Па} \Rightarrow \text{фундаментные болты} \\ \text{работают на растяжение}$$

Общая условная расчетная нагрузка на фундаментные болты:

$$P_{\sigma} := F_K \cdot |\sigma| = 4.957 \times 10^6 \text{ Па}$$

Количество анкерных болтов (задаем самостоятельно):

$$n_6 := 26$$

Нагрузка на один болт:

$$P_{\sigma 1} := \frac{P_{\sigma}}{n_6} = 1.906 \times 10^5 \text{ Па}$$

Расчетный внутренний диаметр резьбы болта:

Допускаемая нагрузка для материала для болта из стали 35
при температуре 20 градусов.

$$\sigma_6 := 600 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ 000 000 ПЗ

Лист

94

Расчетный диаметр болтов:

$c := 0.002 \text{ м}$ -коррозионная прибавка для болтов.

$$d_{\text{рас_60ЛТ}} := \sqrt{\frac{4 \cdot P_{\sigma 1}}{\pi \cdot \sigma_6}} + c = 0.022 \text{ м}$$

Принимаем стандартный диаметр болта:

M24

$d_6 := 0.024 \text{ м}$

Расчетный диаметр болтовой окружности:

$$D_{2в} := (D_2 + 2 \cdot s_{СТ} + 4 \cdot d_6) = 1.916 \text{ м}$$

Толщина облегающей опорной обечайки по АТК 24.200.04-90 равна 6 мм, т.к. возникает необходимость в дополнительных технологических отверстиях в опорной обечайке и поправки на коррозию для принятой дешевой стали Ст3 высоки, примем минимальную толщину обечайки равной 12 мм.

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ ООО ООО ПЗ

Лист

95

4.9 Расчет тепловой изоляции.

Толщину тепловой изоляции находят из равенства удельных тепловых потоков через слой изоляции от поверхности изоляции в окружающую среду. В качестве материала для тепловой изоляции выберем аэрогель марки Pyrogel 6650 (фирма «Aspen Aerogels») имеющий коэффициент теплопроводности $\lambda=0,014 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}$ [20].

Температуру стенки $t_{\text{ст1}}$ примем равной 96°C (близко к температуре в кубе колонны), температуру окружающей среды примем 0°C . Исходя из рекомендаций [19,стр.177] для аппаратов, работающих на открытом воздухе в круглый год (включая низкие температуры в зимнее время), температура изоляционного слоя со стороны атмосферы находится в интервале от $0-10^\circ\text{C}$. Температуру изоляционного слоя со внешней стороны возьмем равной 10°C .

$$\alpha_{\text{в}}(t_{\text{ст2}}-t_{\text{в}})=(\lambda_{\text{н}}/\delta_{\text{н}})(t_{\text{ст1}}-t_{\text{ст2}})$$

Коэффициент теплоотдачи

$$\alpha_{\text{в}}=9.74+0.07*10=10.44 \text{ Вт/м}^2*^\circ\text{C}$$

$$\delta_{\text{н}}=0.014(96-10)/(10.44(10-0))=0.012 \text{ м}$$

-т.к. наиболее горячая часть колонны-это куб, то примем полученную толщину слоя изоляции ко всей колонне.

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ ООО ООО ПЗ

Лист

96

5.ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕССУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕССУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.

					ФЮРА РКЧ 000 000 ПЗ						
Изм.	Лист.	№ докум.	Подпись.	Дата.							
Студент	Василенко О.А.				5.ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕССУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕССУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.			Литера	Лист	Листов	
Руковод.	Рыжакина Т.Г.							Д	97	31	
Конс.								НИ ТПУ		ИШНПТ	
Н.контр.								Группа		3-2К31	
Ручкв. ООП											

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-2К31	Василенко Остапу Александровичу

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	НОЦ Н.М. Кижнера
Уровень образования	Бакалавр	Направление	18.03.02 Энерго - и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов проекта: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях; нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала проекта	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
2. Разработка устава научно-технического проекта	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.
3. Планирование процесса управления проектом: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Определение производственной мощности. Расчет сырья, материалов, оборудования, фонда оплаты труда. Расчет себестоимости готового продукта. Расчет точки безубыточности.
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Проведение оценки экономической эффективности проектного колонного аппарата.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Расчет точки безубыточности графическим и математическим методами.
2. Расчет технико-экономических показателей
3. Оценка экономической эффективности производства

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	Кандидат экономических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2К31	Василенко Остап Александрович		

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ ООО ООО ПЗ

Лист

98

Тема ВКР: «Проектирование ректификационной колонной установки для разделения бинарной смеси метанол-вода».

В данной работе рассмотрен проектный расчет аппарата колонного типа с ситчатыми тарелками с отбойными элементами для массообменного процесса, разделяемая смесь содержит 45% масс метанола до 55% воды, часовой расход исходной смеси равен 14 т/ч.

Предпроектный анализ. Анализ рынка. Основные потребители и конкуренты.

Метанол (метиловый спирт, карбинол) является одним из базовых продуктов в хим. промышленности и используется для производства и синтеза большого спектра других продуктов и производных (строительные материалы, пены, смолы, пластмасы, краски, полиэстр, медицинские и фармацевтические продукты и др.). Рост потребности метанола приводит к увеличению его производства во многих странах.

Число продуктов для производства которых необходим метанол непрерывно растет. Также возрос интерес к метанолу как к важному и экономически эффективному сырью, предполагается, что метанол найдет широкое применение в качестве источника энергии, газового топлива электростанций, моторного топлива и как добавка к автомобильным бензинам (повышает КПД двигателя) [21].

Спрос на метанол растет более быстрыми темпами, чем увеличение его производства.

В настоящее время мировой объем производства метанола составляет около 100 млн.т [22]. В виду роста производства и потребления Китая, его производственные мощности остановятся приблизительно на 88 млн.т. сырья к 2019 году, соответственно в дальнейшем возникнет большая необходимость в импорте, а значит из всех мировых рынков сбыта для РФ этот самый

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ ООО ООО ПЗ

Лист

99

перспективный наряду с внутренними потребностями страны и европейским рынком, а также для ряда развивающихся азиатских стран помимо Китая.

Одними из самых крупных производителей являются компании [23]: Methanex (многонациональное производство), Methanol Holdings (Тринидад), Qatar Fuel Additives Company (QAFAC), Metafrax (РФ), Atlantic Methanol Production Company (Экваториальная Гвинея, Западная Африка), ENI group (Италия) и др, а следовательно их можно считать одними из главных конкурентов.

5.1 SWOT-анализ.

Качественный подход к описанию рисков заключается в детальном и последовательном рассмотрении содержательных факторов, несущих неопределенность, и завершается формированием причин основных рисков и мер по их снижению. Одной из методик анализа сильных и слабых сторон предприятия, его внешних, благоприятных возможностей и угроз является SWOT-анализ.

Таблица 7. SWOT-анализ

	Сильные стороны проекта: 1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии 3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями. 4. Квалифицированный руководитель. 5. Возможность использования в качестве сырья побочных продуктов добычи.	Слабые стороны проекта: 1. Большое количество конкурентов 2. Необходимость больших капитальных затрат 3. Необходимость развития широкой логистической сети по подаче сырья и транспортировки продукта
Возможности: 1. Использование поддержки государства как производствам проходящим по приоритетным направлениям развития	1. Развитие прочных связей с отечественными и иностранными потребителями 2. Увеличение производственных	1. Повышение квалификации кадров 2. Необходимость привлечения значительных капитальных затрат

экономики (по критерию ресурсоэффективности). 2. Развитие потребительской способности рынка на производимый продукт 3. Повышение стоимости конкурентных (иностраннх) разработок в виду роста отношения стоимости доллара к рублю	мощностей при сохранении себестоимости продукции	
Угрозы: 1. Высокая конкуренция рынка 2. Риск невозможности импорта товаров из-за введения секторальных санкций	1. Продвижение новой технологии с целью появления спроса 2. Использование отечественного сырья 3. Применение технологии к альтернативным источникам	1. Повышение квалификации кадров 2. Привлечение новых заказчиков

5.2 Экономический расчет.

5.2.1 Расчет производственной мощности.

Примем за основной расчетный период один полный календарный год - 365 дней или 8760 часов. Поскольку проектируемая ректификационная колонна - установка непрерывного действия, примем режимные потери рабочего времени на выходные и праздники равным нулю. Примем часовую производительность оборудования равной 6297 кг/час. Примем количество однотипного оборудования, установленного в цехе (колонны с одинаковой производительностью) - 1 шт.

Производственная мощность оборудования в год, рассчитывается в соответствии с [24, с.4] по формуле:

$$M = P_{\text{час}} \cdot T_{\text{эф}} \cdot K_{\text{об}}$$

$$M = 6297 \cdot 8664 \cdot 1 = 54557208 \text{ кг} = 54557 \text{ т}$$

-где, $P_{\text{час}}$ - часовая производительность оборудования в натуральных единицах; $T_{\text{эф}}$ - эффективный фонд времени работы оборудования (с учетом

простоя оборудования в ремонте, час.); $K_{об}$ - количество однотипного оборудования, установленного в цехе.

Эффективный фонд времени оборудования, в соответствии с [24, с.4] по формуле:

$$T_{эфф} = T_{ном} - T_{ппр} - T_{то}$$

$$T_{эфф} = 365 - 3 - 1 = 361 \text{ дней}$$

-где, $T_{ном}$ - номинальный фонд работы оборудования; $T_{ппр}$ - время простоя в ремонтах за расчетный период; $T_{то}$ - время технологических остановок.

Номинальный фонд работы оборудования, в соответствии с [24, с.4] по формуле:

$$T_{ном} = T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}$$

$$T_{ном} = 365 - 0 = 365 \text{ дней}$$

-где, $T_{вых}$ - количество выходных дней в году; $T_{пр}$ - количество праздничных дней в году.

Простой оборудования на ремонт - 3 дня, и дополнительно 1 день - время технологических остановок, запас на незапланированные ремонтные работы и на полный запуск производства.

Таблица 8. Баланс рабочего времени оборудования

Показатели	Количество дней (часов)
Календарный фонд времени	365 (8 760)
Режимные потери рабочего времени: - выходные; - праздники;	-
Номинальный фонд рабочего времени	365 (8 760)
Простой оборудования в ремонтах	4 (96)
Эффективное время работы оборудования за год	361 (8 664)

В соответствии с рекомендацией [24, с.4] для анализа использования оборудования рассчитываем экстенсивный и интенсивный коэффициенты. Коэффициент экстенсивного использования оборудования равен:

$$K_{экс} = T_{эфф}/T_{н}$$

$$K_{\text{экс}} = 361/365 = 0,989$$

-максимальная производительность проектируемой установки составляет $6.297 \cdot 24 = 151.128$ т/стуки.

Коэффициент интенсивного использования оборудования равен:

$$K_{\text{инт}} = Q_{\text{пп}}/Q_{\text{max}}$$

$$K_{\text{инт}} = 151.128/151.128 = 1$$

-где, $Q_{\text{пп}}$ - производительность единицы оборудования в единицу времени; Q_{max} - максимальная производительность в единицу времени.

Интегральный коэффициент использования мощности:

$$K_{\text{им}} = K_{\text{экс}} \cdot K_{\text{инт}}$$

$$K_{\text{им}} = 0,989 \cdot 1 = 0,989$$

Для определения фактического выпуска продукции рассчитывается производственная программа ($N_{\text{год}}$):

$$N_{\text{год}} = K_{\text{им}} \cdot M$$

$$N_{\text{год}} = 0,989 \cdot 54,557 \cdot 10^6 = 53,957 \cdot 10^6 \text{ кг} = 53957 \text{ т}$$

5.2.2 Расчет себестоимости готовой продукции по действующему производству.

1. Расчет численности персонала

Произведем расчет нормы выработки по формуле [24]:

$$H_{\text{обс}} = T_{\text{д}}/t_{\text{об}}$$

-где, $T_{\text{д}}$ - действительный фонд рабочего времени, ч; $t_{\text{об}}$ - установленная норма времени на обслуживание единицы оборудования, ч.

Примем количество праздничных дней в соответствии с [25] равным 28 дням (для расчета надбавки за работу в праздничные дни).

Примем коэффициент, учитывающий потери времени по болезни в соответствии с [26] равным 0,98.

Произведем расчет действительного фонда рабочего времени в соответствии с [27] по уравнению:

$$T_{\text{д}} = (T_{\text{ном}} - T_{\text{пр}} \cdot t_{\text{смены}}) \cdot \eta$$

$$T_{\text{д}} = (8760 - 0 \cdot 12) \cdot 0,98 = 8\,585 \text{ часов}$$

-где, $T_{\text{пр}}$ - количество праздничных дней; $t_{\text{смены}}$ - время смены; η - коэффициент учитывающий потери времени по болезни.

Примем установленную норму времени на обслуживание единицы оборудования в течении года 8760 часов для основных рабочих, и 4380 часов для младшего обслуживающего персонала.

Тогда, норма выработки, ч:

$$H_{\text{обс}} = 8\,585 / 8\,760 = 0,98$$

$$H_{\text{обс}} = 8\,585 / 4\,380 = 1,88$$

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ ООО ООО ПЗ

Лист

104

Таблица 9. Расчет численности персонала основных и вспомогательных рабочих

Категория персонала	Норма обслуживания	Число смен в сутки,	Число единиц оборудования	Явочная численность	Эффективное время рабочего, часов в год	Списочная численность
	Нобс	S	n	Ряв	T _{эфф}	Рсп
Основные рабочие	0,98	2	2	5	1968	11
Вспомогательные рабочие	1,96	1	2	2		5
Итого				7 чел.		16 чел.

Таблица 10. Расчет численности ИТР, служащих и МОП

Наименование должности	Категория	Тарифный разряд	Число штатных единиц, чел	Количество смен в сутках	Заработная плата, руб/час
Начальник цеха	ИТР	14	1	1	350
Технолог	ИТР	10	1	1	255
Энергетик	ИТР	13	1	1	330
Механик	ИТР	9	1	1	240
Младший обслуживающий персонал	МОП	1	1	1	125
Водители на производстве и отгрузке		2	1	1	130
Итого:			6 чел.		

Таблица 11. Численность основного персонала

Профессия	Тариф. разряд	Оклад, руб/час	Количество человек
Аппаратчик ТУ	7	200	7
Электрик	6	176	1
Слесарь по обслуживанию	7	194	3

Таблица 12. Численность вспомогательного персонала

Профессия	Тариф. разряд	Оклад, руб/час	Количество человек
Аппаратчик ТУ	7	200	3
Электрик	6	176	1
Слесарь-ремонтник	7	194	1

Таблица 13. Расчет общей численности сотрудников производства

Категории персонала	Кол-во человек
сотрудники ИТР	4
сотрудники МОП	1
основной персонал	11
вспомогательный персонал	5
прочие	1
Итого:	22

Таблица 14. Баланс эффективного времени одного среднесписочного работника

№	Показатели	Дни	Часы
1.	Календарный фонд рабочего времени	365	4380
2.	Нерабочие дни - выходные - праздничные	163 0	
3.	Номинальный фонд рабочего времени	202	2424
4.	Планируемые невыходы: - очередные и доп. отпуска - невыходы по болезни - отпуск в связи с учебой без отрыва от производства - выполнение госуд. обязанностей	30 7 1	
5.	Итого	38	
6.	Эффективный фонд рабочего времени	164	1968

Примем количество смен для основных рабочих равное 2, а для вспомогательных рабочих 1 смену, продолжительностью по 12 часов.

Произведем расчет явочной численности рабочих в сутки:

$$R_{\text{яв}} = F \cdot C / H_{\text{обс}}$$

-где, $H_{\text{обс}}$ - норма обслуживания; F - количество установок;

C - количество смен в сутки.

Тогда явочная численность, основных и вспомогательных рабочих в сутки, соответственно, чел:

$$R_{\text{яв.о}} = (2 \cdot 2) / 0,98 = 4,08$$

$$R_{\text{яв.в}} = (2 \cdot 1) / 1,96 = 1,02$$

Примем, $R_{\text{яв.о}} = 5$ человека, $R_{\text{яв.в}} = 2$ человека.

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ ООО ООО ПЗ

Лист

106

Определим списочное число рабочих, по уравнению:

$$R_c = R_{\text{яв}} * T_{\text{эф.обор.}} / T_{\text{эф.раб.}}$$

-где, $T_{\text{эф.обор.}}$ - проектируемое число дней работы оборудования в год;

$T_{\text{эф.раб.}}$ - проектируемое число дней работы в год одного рабочего.

Списочное число основных рабочих, чел:

$$R_{c.o} = 5 \cdot 361 / 164 = 11,0061$$

Списочное число вспомогательных рабочих, чел:

$$R_{c.v} = 2 \cdot 361 / 164 = 4,4$$

Примем, $R_{c.o} = 11$ человек; $R_{c.v} = 5$ человек.

2. Расчет годового фонда заработной платы цехового персонала

Таблица 15. График сменности персонала

Смены	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
С 8 до 20	А	А	А	А	А	А	А	А	А	А	А	А	А	А	А	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В
С 20 до 8	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г
Выходные	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	А	А	А	А	А	А	А	А	А	А	А	А	А	А	А
	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б

1). Произведем расчет тарифного фонда заработной платы за год для каждой должности, согласно формуле рублей:

$$З_{\text{тар}} = \Sigma Ч_{\text{сп}} \cdot Т_{\text{ст}} \cdot Т_{\text{эфф}}$$

-где, $Ч_{\text{сп}}$ - списочная численность рабочих данного разряда, чел.; $Т_{\text{ст}}$ - зарплата сотрудника в час, руб.

1.1). Инженерно-технические работники и младший обслуживающий персонал.

Начальник цеха	$З_{\text{т}} = 1 \cdot 350 \cdot 1968 = 688\,800 \text{ руб.};$
Технолог	$З_{\text{т}} = 1 \cdot 255 \cdot 1968 = 501\,840 \text{ руб.};$
Энергетик	$З_{\text{т}} = 1 \cdot 330 \cdot 1968 = 649\,440 \text{ руб.};$
Механик	$З_{\text{т}} = 1 \cdot 240 \cdot 1968 = 472\,320 \text{ руб.};$
Уборщик	$З_{\text{т}} = 1 \cdot 125 \cdot 1968 = 246\,000 \text{ руб.};$
Водитель	$З_{\text{т}} = 1 \cdot 130 \cdot 1968 = 255\,840 \text{ руб.};$

1.2). Основной персонал.

Аппаратчик ТУ	$З_{\text{т}} = 7 \cdot 200 \cdot 1968 = 2\,755\,200 \text{ руб.};$
Электрик	$З_{\text{т}} = 1 \cdot 176 \cdot 1968 = 346\,368 \text{ руб.};$
Слесарь по обслуживанию	$З_{\text{т}} = 3 \cdot 194 \cdot 1968 = 1\,145\,376 \text{ руб.}$

1.3). Вспомогательный персонал.

Аппаратчик ТУ $З_{т} = 3 \cdot 200 \cdot 1968 = 1\,180\,800$ руб.;

Электрик $З_{т} = 1 \cdot 176 \cdot 1968 = 346\,368$ руб.;

Слесарь-ремонтник $З_{т} = 1 \cdot 194 \cdot 1968 = 381\,792$ руб.

Итого: $З_{тар} = 8\,970\,144$ руб.

Примем количество премий в год - 1 шт., в размере 70% от тарифного фонда заработной платы в соответствии с рекомендацией [24, с.5]:

$$П_{р} = 0,7 \cdot 8\,970\,144 = 6\,279\,100,8 \text{ руб.}$$

В соответствии со статьей 154 Трудового кодекса РФ [28, с. 69] примем доплату за работу в ночное время с 22:00 до 6:00 равной 20% от тарифной части сотрудников работающих в две смены (от половины совокупных издержек на оплату труда основного персонала в год, с учетом ночного времени равного 8 часам из 12 часовой смены):

$$Д_{н.вр} = 0,2 \cdot (8/12) \cdot 4\,246\,944/2 = 283\,129,6 \text{ руб.}$$

В соответствии со статьей 153 Трудового кодекса РФ [28, с. 69] примем доплату за работу в праздничные дни время равной двойному окладу от тарифной части основного персонала, учтя кол-во рабочих часов за смену, и совокупные издержки на оплату труда основного персонала в час:

$$Д_{пр.дни} = 28 \cdot 2 \cdot [12 \cdot (200 \cdot 7 + 1 \cdot 176 + 3 \cdot 194)]/2 = 725\,088 \text{ руб.}$$

Произведем расчет доплаты за период ремонта, в котором с учетом кол-ва рабочих часов за смену, и совокупные издержки на оплату труда основного и вспомогательного персонала в час, по основному тарифу руб.:

$$Д_{ремонт} = 4 \cdot [12 \cdot (200 \cdot 10 + 2 \cdot 176 + 4 \cdot 270)] = 164\,736 \text{ руб.}$$

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ ООО ООО ПЗ

Лист

109

2). Произведем расчет основного фонда заработной платы для рабочих повременщиков, согласно формуле [24, с.5]:

$$З_{осн} = З_{тар} + П_r + Д_{н.вр} + Д_{пр.дни} + Д_{ремонт}$$

-где, $З_{тар}$ - тарифный фонд заработной платы, руб; $П_r$ - оплата премий, тыс. руб; $Д_{н.вр}$ - доплата за работу в ночное время, руб; $Д_{пр.дни}$ - доплата за работу в праздничные дни, руб; $Д_{ремонт}$ - доплата за период ремонта, руб.

$$З_{осн} = 8\,970\,144 + 6\,279\,100,8 + 283\,129,6 + 725\,088 + 164\,736 = 16\,422\,198,4 \text{ руб.}$$

3). Произведем расчет дополнительных зарплат $З_{доп}$, согласно формуле:

$$З_{доп} = (Д_n \cdot З_{осн}) / Т_{эфф}$$

-где, $Д_n$ - количество дней невыхода на работу по планируемыми причинам (отпуск, ученические, гособязанности)

$$З_{доп} = (38 \cdot 16\,422\,198,4) / 1968 = 317\,095,3 \text{ руб.}$$

4). Произведем расчет общего фонда заработной платы за год:

$$З_{год} = З_{осн} + З_{доп}$$

-где, $З_{осн}$ - основной фонд заработной платы, тыс. руб; $З_{доп}$ - дополнительный фонд заработной платы, тыс. руб.

$$З_{год} = 16\,422\,198,4 + 317\,095,3 = 16\,739\,293,7 \text{ руб.}$$

Согласно статье 316 Трудового кодекса РФ [28, с. 129] при расчете размера номинальной заработной платы необходимо учитывать районный коэффициент. Районный коэффициент для города Томска – 1.3 [24, с.7].

Кроме того необходимыми в соответствии с Трудовым кодексом РФ являются отчисления в фонд защиты населения (30%):

$$16\,739\,293,7 \cdot 1,3 = 21\,761\,081,81 \text{ руб.}$$

$0,3 \cdot 21\,761\,081,81 = 6\,528\,324,54$ руб. – отчисления на соц. нужды с общего фонда зарплат производства.

5). Тогда общие издержки связанные с оплатой труда в расчетный период, руб.:

$$21\,761\,081,81 + 6\,528\,324,54 = 28\,289\,406,35 \text{ руб.}$$

					ФЮРА РКУ ООО ООО ПЗ	Лист
						111
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

Таблица 16. Заработная плата основных, вспомогательных рабочих, ИТР, МОП.

	Ч _{сп} , Ч _{шт}	Т _{ст}	З _{тар}	ИР 70%	Д _{н вр} 20% (8/12 ч.1/2смен)	Д _{пр дни} 100%	З _{осн}	К = 1,3	З _{доп}	З _{год}
Аппаратчик ТУ 7 разряда	7	200	2755,2	1928,64	183,68	470,4	5337,92	6970,217	103,07	7073,287
Электрик 6 разряда	1	176	346,37	242,457	23,09133	59,136	671,0543	876,2577	12,957	889,2147
Слесарь по обслуживанию 7 разряда	3	194	1145,38	801,763	76,3586	195,552	2219,054	2898,256	42,847	2941,103
Итого:										10903,6047
Аппаратчик ТУ 7 разряда	3	200	1180,8	826,56	0	0	2007,36	2621,196	38,76	2659,956
Электрик 6 разряда	1	176	346,37	242,457	0	0	588,827	768,8861	11,37	780,25561
Слесарь ремонтник 7 разряда	1	194	381,792	267,254	0	0	649,046	847,5197	12,533	860,0527
Уборщик	1		246	172,2	0	0	418,2	546,0825	8,075	554,157
Водитель	1		255,84	179,088	0	0	434,928	567,9264	8,4	576,3264
Итого:										5430,748

Продолжение таблицы 16.

	Ч _{сп} , Ч _{шт}	Т _{ст}	З _{тар}	ПР 70%	Д _н вр 20% (8/12 ч.1/2смен)	Д _{пр} дни 100%	З _{осн}	К = 1,3	З _{доп}	З _{год}
Начальник цеха	1		688,8	482,16	0	0	1170,96	1529,031	22,61	1551,641
Технолог	1		501,84	351,288	0	0	853,128	1114,008	16,473	1130,481
Энергетик	1		649,44	454,608	0	0	1104,048	1441,6578	21,318	1462,976
Механик	1		472,32	330,624	0	0	802,944	1048,4784	15,504	1063,982
Итого:										5209,08
Итого: по производству										21543,4327

5.2.3 Расчет капитальных затрат.

Поскольку проектируемая колонна (и все основное оборудование) ввиду значительных габаритных размеров, будет установлено на открытой площадке, необходимости в создании производственного помещения для размещения оборудования нет. Необходимым и достаточным является строительство здания для сотрудников ИТР, МОП, основного и вспомогательного персонала. Поскольку общая численность персонала - 66 человек (таблица 13). В соответствии с нормами СНиП 2.09.04-85 "Административные и бытовые здания" [29]. Согласно таблице 6, СНиП 2.09.04-85 санитарная характеристика проектируемого здания: 1-я группа производственных процессов - производства в отапливаемых зданиях с нормальной влажностью. В соответствии с таблицей 14, СНиП 2.09.04-85 необходимая площадь служебных помещений на 1 человека : 4 м².
Общая площадь служебных помещений: $S_{сл} = 66 \cdot 4 = 264 \text{ м}^2$. Примем с запасом $S_{сл} = 300 \text{ м}^2$.

Выбираем под цех одноэтажное каркасное здание, с габаритными параметрами, представленными в таблице 17.

Таблица 17. Основные характеристики производственного помещения

Длина, м	Ширина, м	Высота, м	Производственная площадь, м ²
30	10	3	300

Стоимость 1 м³: 14000 руб. [30];

Полная стоимость здания составит:

$$C_{зд} = 300 \cdot 14000 = 4\,200\,000 \text{ руб.}$$

Таблица 18. Расчет стоимости основного оборудования

Наименование основных средств	Цена, руб.	Количество, шт.	Стоимость, руб.
Колонна ректификационная	2 000 000	1	2 000 000
Подогреватель (теплообменник 325ТНГ – 1.6М8 – 0/25Г – 4Ш – 2)	350 000	1	350 000
Кипятильник (теплообменник Т-69)	300 000	1	300 000
Дефлегматор (теплообменник Т-69)	300 000	1	300 000
Холодильник (теплообменник Т-66)	270 000	1	270 000
Холодильник (труба в трубе)	70 000	2	140 000
Насос (Н-43 – Н-32)	40 000	5	200 000
Печь	1 100 000	1	1 100 000
Емкость, Е-34	30 000	3	90 000
Итого:			4 750 000

Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования

1) Транспортные расходы на перевозку оборудования, заготовительно-складские работы составляют 8% от стоимости оборудования, руб.:

$$З_{тр} = 4\,750\,000 \cdot 0,08 = 380\,000 \text{ руб.}$$

2) Стоимость монтажных работ составляет 20% от стоимости оборудования, руб.:

$$З_{монт.} = 4\,750\,000 \cdot 0,2 = 950\,000 \text{ руб.}$$

3) Стоимость специальных работ примем 10% от стоимости оборудования (строительство фундаментов, трубопроводов, пусконаладочных работ), руб:

$$З_{сп. р.} = 4\,750\,000 \cdot 0,1 = 475\,000 \text{ руб.}$$

4) Капитальные затраты на оборудование составят, руб:

$$З_{к. об.} = C_{об} + З_{тр.} + З_{монт.} + З_{сп. р.} = 4\,750\,000 + 380\,000 + 950\,000 + 475\,000 = 6\,555\,000 \text{ руб.}$$

5) Сумма капитальных затрат:

$$\Sigma З_{кап} = C_{зд} + З_{к. об.} = 4\,200\,000 + 6\,555\,000 = 10\,755\,000 \text{ руб.}$$

Расчет затрат на производство

1) Расходы на охрану труда и технику безопасности составляют 12% от кап.затрат, руб.:

$$З_{о.т.} = 10\,755\,000 \cdot 0,12 = 1\,290\,600 \text{ руб.}$$

2) Затраты на текущий ремонт здания составляют 2% от стоимости здания, руб.:

$$З_{т.р.} = 4\,200\,000 \cdot 0,02 = 84\,000 \text{ руб.}$$

3) Содержание здания (включает в себя затраты на отопление, вентиляцию) - 2% от стоимости здания, руб.:

$$З_{сод.} = 4\,200\,000 \cdot 0,02 = 84\,000 \text{ руб.}$$

4) Амортизационные отчисления - 3,7% от стоимости здания, руб.:

$$З_{ам.} = 4\,200\,000 \cdot 0,037 = 155\,400 \text{ руб.}$$

Сумма затрат на содержание и эксплуатацию здания составляет:

$$\Sigma З = 84\,000 + 84\,000 + 155\,400 = 323\,400 \text{ руб.}$$

5) Текущий ремонт производственного оборудования обходится в 7% от стоимости оборудования:

$$З_{т.р.} = 4\,750\,000 \cdot 0,07 = 332\,500 \text{ руб.}$$

6) Отчисления на амортизацию оборудования - 10% от стоимости оборудования:

$$З_{ам} = 4\,750\,000 \cdot 0,1 = 475\,000 \text{ руб.}$$

7) Расходы на содержание оборудования составляют 3% от стоимости оборудования:

$$З_{сод.} = 4\,750\,000 \cdot 0,03 = 142\,500 \text{ руб.}$$

Сумма расходов на содержание и эксплуатацию оборудования составляет:

$$\Sigma З = 332\,500 + 475\,000 + 142\,500 = 950\,000 \text{ руб.}$$

Таким образом, общепроизводственные расходы составят:

$$З_{общ.} = 323\,400 + 950\,000 = 1\,273\,400 \text{ руб.}$$

5.2.4 Расчет технологических затрат.

1. Расчет затрат на электроэнергию, производим по формуле:

$$З_{эн.} = Т_{э} \cdot N_{т} \cdot Т_{р. об.},$$

где $T_{э}$ - стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб.;

$N_{т}$ - суммарная мощность двигателей на производстве, кВт;

$T_{р. об.}$ - время работы оборудования в год, час (8 664 час.).

Примем в соответствии с [31] одноставочный тариф на электроэнергию 1 кВт·ч в Томске, томской обл. на 2018 год, руб.: 3,25 руб.

Примем суммарную мощность двигателей на производстве, кВт: 93 кВт.

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ ООО ООО ПЗ

Лист

117

$$З_{эн.} = 3,25 \cdot 93 \cdot 8\,664 = 2\,618\,694 \text{ руб.}$$

2. Расчет издержек покупки метанола сырца(исходное сырье), руб.:

$$З_{ст} = T_k \cdot K$$

-где, T_k - стоимость 1т метанола сырца(91% метанола, 8% воды, до 1% примесей). (12 000 руб.)[32];

K - годовой расход т/год ($6.297 \text{ т/ч} \cdot 1 \text{ т/} 0.91 \text{ т} = 6.92 \text{ т/ч}$ расход метанола сырца).

$$З_{ст} = 12\,000 \cdot 6.92 \cdot 24 \cdot 361 = 719\,458\,560 \text{ руб.}$$

3. Расчет издержек покупки топочного угля, руб.:

$$З_{ст} = T_k \cdot K$$

где, T_k – средняя стоимость 1т угля марки ДПК(Сибирь)(удельная теплота сгорания в среднем равна 22.6 МДж/кг)(3000 руб.)[33];

K - годовой расход угля, т.

$$K = \frac{6434470 \text{ Вт} \cdot 3600}{22.6 \text{ МДж} / \text{кг}} \cdot 24 \cdot 361 = \frac{23164092000 \text{ Дж} / \text{ч}}{22.6 \cdot 10^9 \text{ Дж} / \text{т}} \cdot 24 \cdot 361 = 8880.6 \text{ т}$$

$$З_{ст} = 3000 \cdot 8880.6 = 26\,641\,800 \text{ руб.}$$

4. Расчет затрат на воду:

Т.к. мы используем воду для обогрева без смешения с рабочей средой то ее можно использовать и возвращать в ближайший водоем или отстойник, поэтому примем расходы на воду равными нулю.

5. Расчет затрат на освещение, руб.:

$$З_{осв.} = T_{Э} \cdot N_T \cdot T_{р. об.},$$

$N_T = 120 \text{ кВт}$ – суммарная принятая мощность всего электрооборудования,

$$З_{осв.} = 3,25 \cdot 120 \cdot 8\,664 = 3\,378\,960 \text{ руб.}$$

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ ООО ООО ПЗ

Лист

118

Таблица 19. Расчет потребности электроэнергии

Наименование оборудования	Мощность (суммарная), кВт	Эффективный фонд времени оборудования, ч	Суммарно-потребляемая электроэнергия, кВт*ч
1.Насосные двигатели	93	8664	805752
2.Общее электрооборудование цеха	120	8664	1039680
Итого			1 845 432

7.Общие технологические затраты (без учета стоимости сырья), руб.:

$$З_{о,о}=2\ 618\ 694+3\ 378\ 960= 5\ 997\ 654 \text{ руб.}$$

Таблица 20. Расчет амортизационных отчислений

Наименование основных средств	Стоимость, тыс. руб.	Норма амортизации, %	Годовые амортизационные отчисления, тыс.руб.
1.Здания			
1.1Административное здание	4 200	3,7	155,4
2.Оборудование			
2.1.Колонна ректификационная	2 000	10	200
2.2.Подогреватель	350	10	35
2.3.Кипятильник	300	10	30
2.4. Дефлегматор	300	10	30
2.5 Холодильник(кож.)	270	10	27
2.6 Холодильник (труба в трубе)*2	140	10	14
2.7 Насос*5	200	10	20
2.8 Печь	1 100	10	110
2.9 Емкость*3	90	10	9
Итого			630,4

5.2.5 Калькуляция себестоимости получения 1 т товарного метанола.

Сумма цеховой себестоимости и общезаводских расходов составляет общезаводскую себестоимость:

$$C_{об. зав.} = C_{цех.} + З_{об. зав.},$$

-где, $C_{\text{цех.}}$ - цеховая себестоимость (складывается из суммы условно-переменных и условно-постоянных затрат); $Z_{\text{об.зав.}}$ - общезаводские расходы (составляют 10 % от цеховой себестоимости).

Таблица 21. Проектная калькуляция себестоимости получения 1 тонны товарного метанола ($Q=53\,957$ т).

Статьи расходов	Ед. изм.	Цена ед. прод., руб.	Затраты на т. метанола	Затраты на весь объем
			В руб./т.	тыс. руб.
1. Затраты на сырье:				
Метанол сырец	т	12 000	13 333,92	719 458,56
Каменный уголь	т	3 000	493,76	26 641,8
2. Технологические затраты (эл. энергия):	тыс. руб.		111,16	5 997,654
Итого условно-переменные издержки	тыс. руб.		13 938,84	752 098,014
3. Фонд ЗП произв. рабочих	тыс. руб.		262,7	14174,68611
3.1 Отчисления на соц. нужды произв. рабочих	тыс. руб.			3 271,08141
4. Общепроизводственные накладные расходы	тыс. руб.		297,05	16 027,62089
4.1 Расходы на содержание и экспл. обор.				
- амортизация оборудования;	тыс. руб.		11,68	630,4
- текущий и капитальный ремонт	тыс. руб.		6,16	332,5
- содержание оборудования	тыс. руб.		17,61	950
4.2 ЗП ИТР	тыс. руб.		125,5	6771,804
- отчисления на соц. нужды ИТР	тыс. руб.			1562,724
4.3 ЗП всп. персонала	тыс. руб.		136,09	7342,91689
- Отчисление на соц. нужды всп. персонала	тыс. руб.			1694,51928
Итого условно-постоянные издержки	тыс. руб.		559,75	30 202,307
Производственная себестоимость	тыс. руб.		14 498,59	782300,321
Условно-переменные издержки	тыс. руб.		13 938,84	752 098,014
Условно-постоянные издержки	тыс. руб.		559,75	30 202,307

Определение цены 1 т готовой продукции

Цену продукта определяем по формуле:

$$Ц = C \cdot (1 + P/100)$$

-где, С - полная себестоимость единицы готовой продукции;

Р - рентабельность продукции (%).

В соответствии с рекомендацией [24, с.8] рентабельность продукции можно принять от 10% до 25%. Примем значение рентабельности продукции – 24,465%, тогда:

$$Ц = 14\,498,59 \cdot (1 + 25/100) = 18\,123,24 \text{ руб.}$$

В результате сравнения со средними рыночными ценами, на товарный метанол представленных в [34] было выявлено, что предлагаемая в условиях данного проекта цена на метанол на 40% ниже рыночной в странах Азии, Европы и Северной америки, а также немногим отличаются от средней рыночной цены по РФ [32] , что обеспечивает конкурентноспособность данного производства.

Экономическая оценка эффективности проекта

Выручка составит:

$$Пр_{об} = Ц \cdot V_{пр} = 18\,123,24 \cdot 53\,957 = 977\,875\,660,68 \text{ руб.}$$

Следовательно, балансовая прибыль составит:

$$Пр_{бал} = Пр_{об} - С = 977\,875\,660,68 - 782\,300\,321 = 195\,575\,339,68 \text{ руб.}$$

Определим чистую прибыль производства (вычет налога на прибыль):

$$Пр_{чист} = Пр_{бал} - 0,20 \cdot Пр_{бал}$$

$$Пр_{чист} = 195\,575\,339,68 - 0,20 \cdot 195\,575\,339,68 = 156\,460\,271,74 \text{ руб.}$$

По формуле находим точку безубыточности и строим график.

$$Q = Z_{пост} / (Ц - Z_{пер(на \text{ т.})}) = 30\,202\,307 / (18\,123,24 - 13\,938,84) = 7217,83 \text{ т.}$$

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ ООО ООО ПЗ

Лист

121

Из графика (рисунок 19) видно, что безубыточный объем данного производства составляет 7 217,83 т/год.

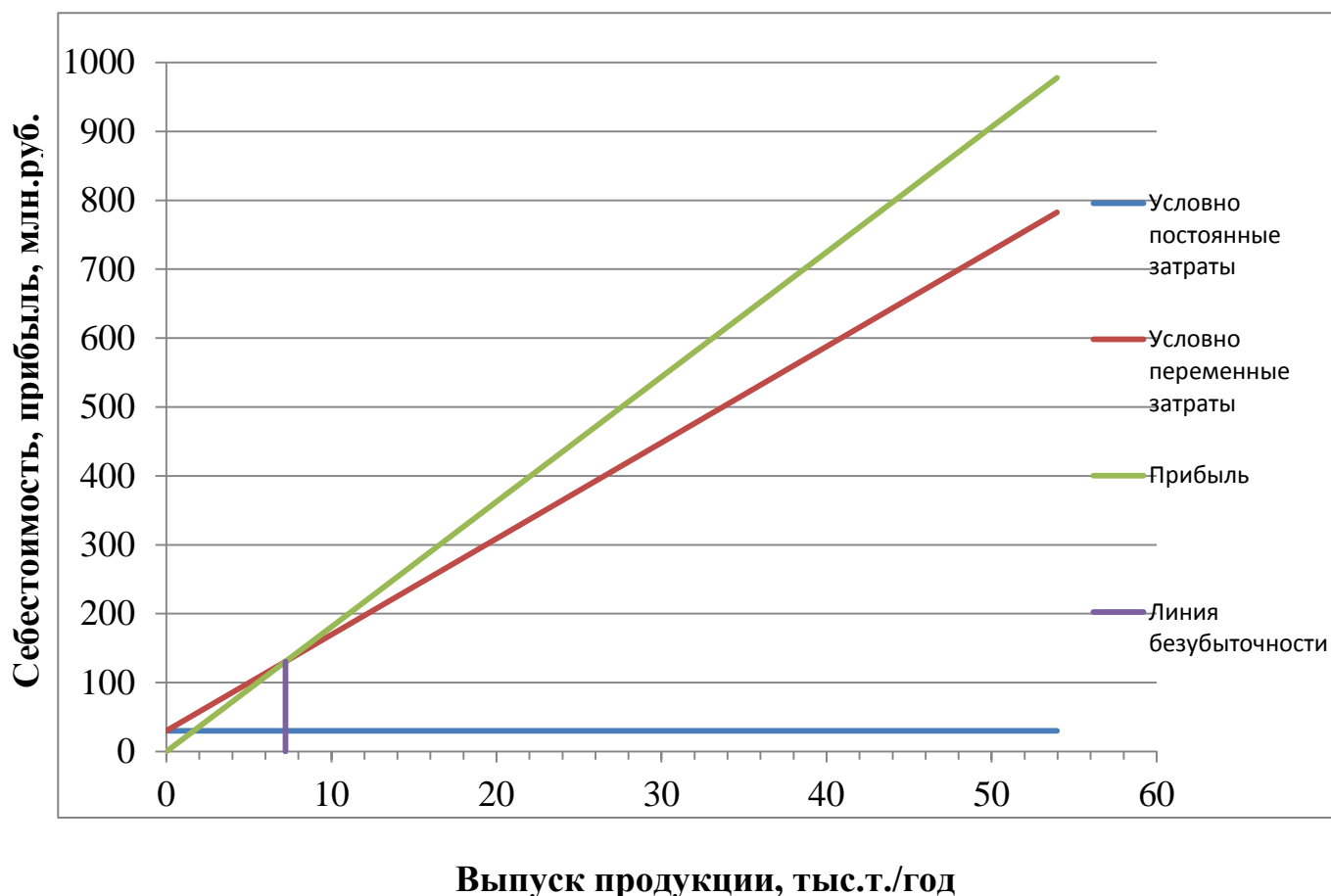


Рис. 19. График безубыточности №1

Срок окупаемости инвестиций

Так как величины денежных поступлений примерно равны по годам воспользуемся расчетом, при котором для определения срока окупаемости сумма первоначальных инвестиций делится на величину годовых поступлений:

$$PP = I_0 / \text{ЧДП}$$

-где I_0 - первоначальные инвестиции(782 300 321руб.); ЧДП – чистый денежный поток от операционной деятельности.

$$\text{ЧДП} = \text{Пр}_{\text{чист}} + \text{Ам.изд} = 156\,460\,271,74 + 630\,400 = 157\,090\,671,74 \text{руб.}$$

$$PP = 782\,300\,321 / 157\,090\,671,74 = 4.98 \text{ лет.}$$

Таблица 22. Техничко-экономические показатели

Наименование показателя	Ед. изм.	Проектный год
1. Объем производства	тыс.т	53,957
2. Объем продаж	тыс.т	53,957
3. Цена 1 тонны	тыс.руб.	18,12324
4. Выручка от продажи	тыс.руб.	977 875, 661
5. Суммарные издержки	тыс.руб.	782 300,321
5.1. Издержки переменные	тыс.руб.	752 098,014
5.2. Издержки постоянные	тыс.руб.	30 202,307
6. Операционная прибыль (4–5)	тыс.руб.	195 575,340
7. Налог на прибыль (6*20%)	тыс.руб.	39115,068
8. Чистая прибыль (6–7)	тыс.руб.	156 460, 272
9. Себестоимость 1 тонны	тыс.руб.	14, 498
10. Стоимость основных средств	тыс.руб.	8 950
11. Численность основных рабочих	чел.	11
12. Фондовооруженность (10/11)	тыс.руб./чел.	813,64
13. Фондоотдача (4/10)	руб./руб.	109.26
14. Фондоемкость (10/4)	руб./руб.	0.009152
15. Производительность труда (4/11)	тыс.руб./чел.	88 897,787
16. Рентабельность производства (8*100%/5)	%	20
17. Рентабельность продаж (8*100%/4)	%	16
18. Критический объем продаж (Qкр.)	тыс.т	7, 21783
19. Критический объем продаж (Qкр.)	тыс.руб.	130 810, 465
20. Инвестиции, Io	тыс.руб.	782 300,321
21. Срок окупаемости	годы.	4.98

Проведем дополнительную проверку при принятой конкурентной на российском рынке цене метанола за тонну равную 19 500 руб/т.

Экономическая оценка эффективности проекта № 2

Выручка составит:

$$\text{Пр}_{\text{об}} = \text{Ц} \cdot \text{V}_{\text{пр}} = 19\,500 \cdot 53957 = 1\,052\,161\,500 \text{ руб.}$$

Следовательно, балансовая прибыль составит:

$$\text{Пр}_{\text{бал}} = \text{Пр}_{\text{об}} - \text{С} = 1\,052\,161\,500 - 782\,300\,321 = 269\,861\,179 \text{ руб.}$$

Определим чистую прибыль производства (вычет налога на прибыль):

$$\text{Пр}_{\text{чист}} = \text{Пр}_{\text{бал}} - 0,20 \cdot \text{Пр}_{\text{бал}}$$

$$\text{Пр}_{\text{чист}} = 269\,861\,179 - 0,20 \cdot 269\,861\,179 = 215\,888\,943,2 \text{ руб.}$$

По формуле находим точку безубыточности и строим график.

$$Q = Z_{\text{пост}} / (\text{Ц} - Z_{\text{пер(на т.)}}) = 30\,202\,307 / (19\,500 - 13\,938,84) = 5\,430,94 \text{ т.}$$

Из графика (рисунок 20) видно, что безубыточный объем данного производства составляет 5 430,94 т/год.

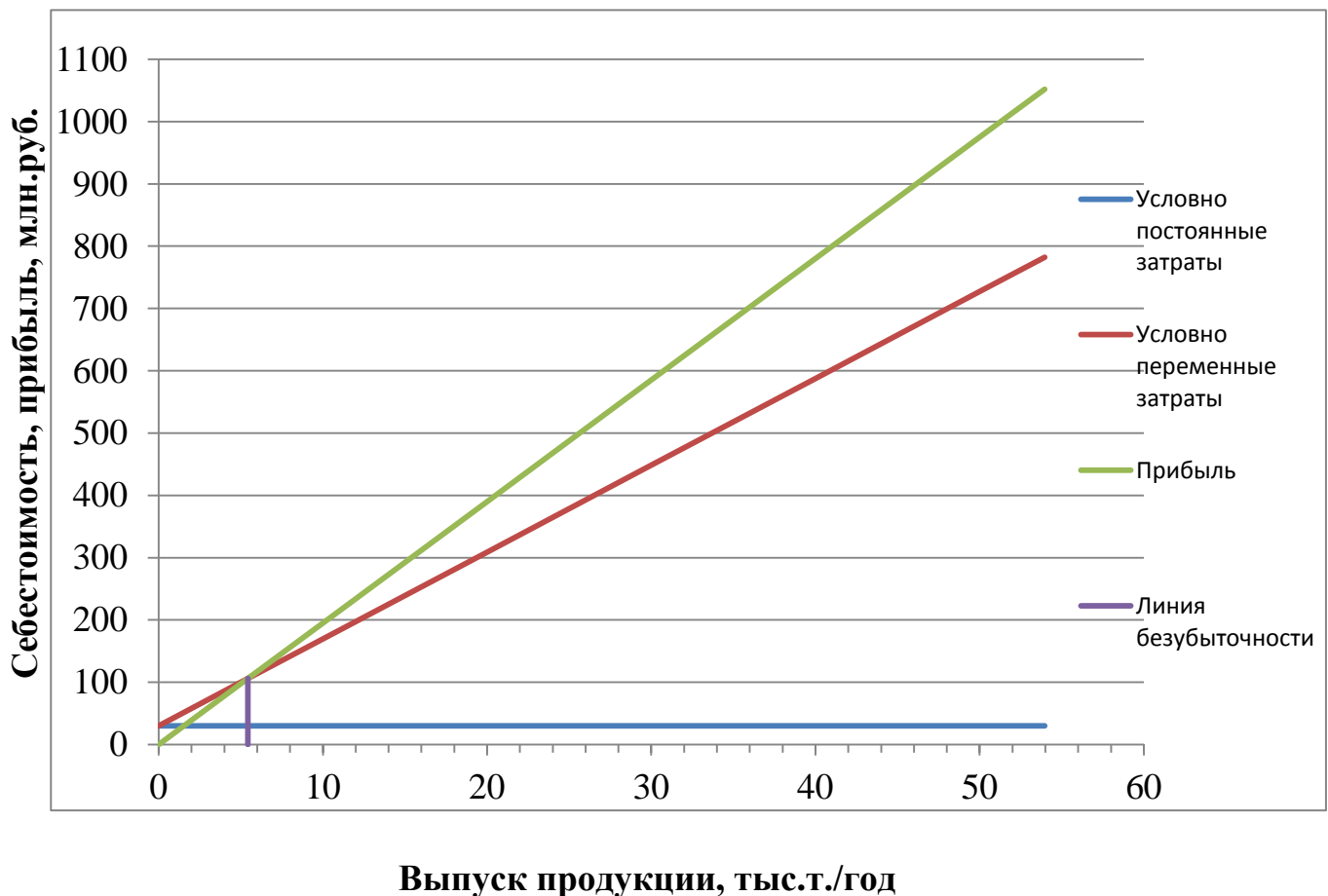


Рис. 20. График безубыточности №2

Срок окупаемости инвестиций

Так как величины денежных поступлений примерно равны по годам воспользуемся расчетом, при котором для определения срока окупаемости сумма первоначальных инвестиций делится на величину годовых поступлений:

$$PP = I_0 / \text{ЧДП}$$

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ 000 000 ПЗ

Лист

124

-где I_0 - первоначальные инвестиции (782 300 321 руб.); ЧДП – чистый денежный поток от операционной деятельности.

$$\text{ЧДП} = \text{Пр}_{\text{чист}} + \text{Ам.изд} = 215\,888\,943,2 + 630\,400 = 216\,519\,343,2 \text{ руб.}$$

$$\text{PP} = 782\,300\,321 / 216\,519\,343,2 = 3,613 \text{ лет.}$$

Таблица 23. Техничко-экономические показатели № 2

Наименование показателя	Ед. изм.	Проектный год
1. Объем производства	тыс.т	53,957
2. Объем продаж	тыс.т	53,957
3. Цена 1 тонны	тыс.руб.	19,5
4. Выручка от продажи	тыс.руб.	1 052 161,5
5. Суммарные издержки	тыс.руб.	782 300,321
5.1. Издержки переменные	тыс.руб.	752 098,014
5.2. Издержки постоянные	тыс.руб.	30 202, 307
6. Операционная прибыль (4–5)	тыс.руб.	269 861,179
7. Налог на прибыль (6*20%)	тыс.руб.	53 972,236
8. Чистая прибыль (6–7)	тыс.руб.	215 888,9432
9. Себестоимость 1 тонны	тыс.руб.	14,498
10. Стоимость основных средств	тыс.руб.	8 950
11. Численность основных рабочих	чел.	11
12. Фондовооруженность (10/11)	тыс.руб./чел.	813,64
13. Фондоотдача (4/10)	руб./руб.	117,56
14. Фондоемкость (10/4)	руб./руб.	0,008506
15. Производительность труда (4/11)	тыс.руб./чел.	95 651,045
16. Рентабельность производства (8*100%/5)	%	28,06
17. Рентабельность продаж (8*100%/4)	%	20,77
18. Критический объем продаж (Qкр.)	тыс.т	5, 431
19. Критический объем продаж (Qкр.)	тыс.руб.	105 904,5
20. Инвестиции, I_0	тыс.руб.	782 300,321
21. Срок окупаемости	годы	3,613

Исключительно для китайского рынка возможно провести еще одну оценку, но уже со средней ценой равной 22 000 руб/т.

Экономическая оценка эффективности проекта № 3

Выручка составит:

$$\text{Пр}_{\text{об}} = \text{Ц} \cdot \text{V}_{\text{пр}} = 22\,000 \cdot 53957 = 1\,187\,054\,000 \text{ руб.}$$

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ 000 000 ПЗ

Следовательно, балансовая прибыль составит:

$$\text{Пр}_{\text{бал}} = \text{Пр}_{\text{об}} - \text{С} = 1\,187\,054\,000 - 782\,300\,321 = 404\,753\,679 \text{ руб.}$$

Определим чистую прибыль производства (вычет налога на прибыль):

$$\text{Пр}_{\text{чист}} = \text{Пр}_{\text{бал}} - 0,20 \cdot \text{Пр}_{\text{бал}}$$

$$\text{Пр}_{\text{чист}} = 404\,753\,679 - 0,20 \cdot 404\,753\,679 = 323\,802\,943,2 \text{ руб.}$$

По формуле находим точку безубыточности и строим график.

$$Q = \text{З}_{\text{пост}} / (\text{Ц} - \text{З}_{\text{пер(на т.)}}) = 30\,202\,307 / (22\,000 - 13\,938,84) = 3746,65 \text{ т.}$$

Из графика (рисунок 21) видно, что безубыточный объем данного производства составляет 3746,65 т/год.

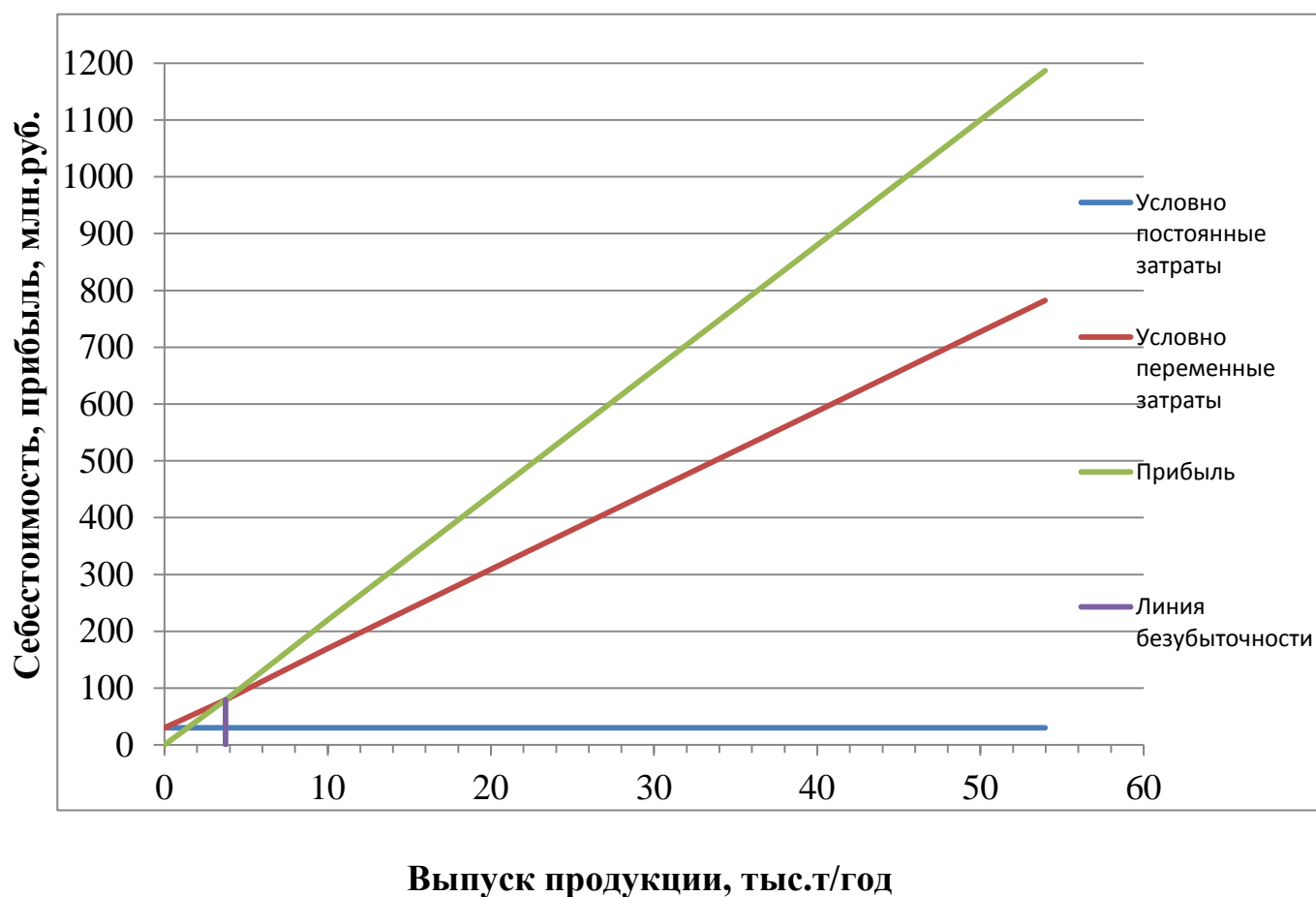


Рис. 21. График безубыточности №3

Срок окупаемости инвестиций

Так как величины денежных поступлений примерно равны по годам воспользуемся расчетом, при котором для определения срока окупаемости сумма первоначальных инвестиций делится на величину годовых поступлений:

$$PP = I_0 / \text{ЧДП}$$

-где I_0 - первоначальные инвестиции (782 300 321 руб.); ЧДП – чистый денежный поток от операционной деятельности.

$$\text{ЧДП} = \text{Пр}_{\text{чист}} + \text{Ам.изд} = 323\,802\,943,2 + 630\,400 = 324\,433\,343,2 \text{ руб.}$$

$$PP = 782\,300\,321 / 324\,433\,343,2 = 2,411 \text{ лет.}$$

Таблица 24. Технико-экономические показатели № 3

Наименование показателя	Ед. изм.	Проектный год
1. Объем производства	тыс.т	53,957
2. Объем продаж	тыс.т	53,957
3. Цена 1 тонны	тыс.руб.	22
4. Выручка от продажи	тыс.руб.	1 187 054
5. Суммарные издержки	тыс.руб.	782 300, 321
5.1. Издержки переменные	тыс.руб.	752 098,014
5.2. Издержки постоянные	тыс.руб.	30 202, 307
6. Операционная прибыль (4–5)	тыс.руб.	404 753,679
7. Налог на прибыль (6*20%)	тыс.руб.	80 950,736
8. Чистая прибыль (6–7)	тыс.руб.	323 802,9432
9. Себестоимость 1 тонны	тыс.руб.	14,498
10. Стоимость основных средств	тыс.руб.	8 950
11. Численность основных рабочих	чел.	11
12. Фондовооруженность (10/11)	тыс.руб./чел.	813,64
13. Фондоотдача (4/10)	руб./руб.	132,63
14. Фондоёмкость (10/4)	руб./руб.	0,00754
15. Производительность труда (4/11)	тыс.руб./чел.	107 914
16. Рентабельность производства (8*100%/5)	%	41,91
17. Рентабельность продаж (8*100%/4)	%	27,5
18. Критический объем продаж (Qкр.)	тыс.т	3,747
19. Критический объем продаж (Qкр.)	тыс.руб.	82 434
20. Инвестиции, I_0	тыс.руб.	782 300,321
21. Срок окупаемости	годы	2,411

Вывод: В результате повышения цены практически до рыночной (с 18123,24 руб./т. до 19500 руб./т.) можно добиться увеличения чистой прибыли на 37,98 %, а также снизить срок окупаемости первоначальных инвестиций на 1,367 лет (27,45%). Также если наладить торговлю непосредственно с китайским потребителем и продавать продукт за 22000 руб./т. (желателен перенос производства ближе к границе, для уменьшения транспортных расходов), то можно увеличить прибыль на 106,95% и снизить срок окупаемости на 2,569 лет (51,58%).

					ФЮРА РКЧ ООО ООО ПЗ	Лист
						128
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

6. СОЦИАЛЬНАЯ
ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.

					ФЮРА РКУ ООО ООО ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Студент	Василенко О.А.				6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.		Литера	Лист
Руковод.	Ларионова Е.В.						Д	129
Конс.							НИ ТПУ ИШНПТ	
Н.контр.							Группа	
Руковод. ООО							З-2К31	

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-2К31	Василенко Остап Александрович

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	НОЦ Н.М. Кижнера
Уровень образования	Бакалавр	Направление	18.03.02 Энерго - и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования и области его применения

В рассчитанной ректификационной колонне происходит процесс разделения смеси метанол/вода. Метанол применяется в хим. нефти. и топливной промышленности.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность

1. Недостаточная освещенность.
2. Повышенный уровень шума вблизи двигателей насосов.
3. Микроклимат рабочей зоны.
4. Вредное продолжительное воздействие компьютерной техники.
5. Опасность поражения электрическим током.
6. Пожароопасность.

2. Экологическая безопасность:

Проектируемый колонный аппарат не оказывает негативного воздействия на гидросферу при введении в эксплуатацию фильтровального оборудования для кубового остатка, также не оказывает влияния на литосферу и атмосферу ввиду производственных особенностей.

3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:

*Перечень возможных ЧС на объекте: ЧС на пожаро- и взрывоопасных объектах, ЧС на электроэнергетических системах и системах связи.
Наиболее типичная ЧС на объекте: пожаровзрывоопасность.*

4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:

Принятая компоновка производственных помещений учитывает специфику технологического процесса, пожароопасные и токсические свойства участвующих в процессе веществ, а также необходимость создания нормальных условий труда для обслуживающего персонала.

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ 000 000 ПЗ

Лист

130

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ларионова Е.В.	К.Х.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2К31	Василенко Остап Александрович		

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ 000 000 ПЗ

Лист

131

Социальная ответственность - это ответственность организации за воздействие ее решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этическое поведение, которое:

- содействует устойчивому развитию, включая здоровье и благосостояние общества;
- учитывает ожидания заинтересованных сторон;
- соответствует применяемому законодательству и согласуется с международными нормами поведения [35, с.9].

В соответствии с Федеральным законом "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" от 21.07.97 г. № 116-ФЗ разрабатываемая ректификационная колонна относится к категории опасных производственных объектов по следующим пунктам:

- получение, переработка легковоспламеняющихся и горючих жидкостей;
- использование оборудования, работающего под давлением более 0,07 МПа, применение температуры среды до 360 °С [36, с. 22-23].

В соответствии со статьей 37 второй главы Конституцией Российской Федерации: "Каждый имеет право на труд в условиях, отвечающих требованиям безопасности ...". Согласно статье 7, п.2: "В РФ охраняется труд и здоровье людей, устанавливается гарантированный минимальный размер оплаты труда, обеспечивается гос. поддержка семьи, материнства, отцовства и детства, инвалидов и пожилых граждан". Согласно статье 41, п.1: "Каждый имеет право на охрану здоровья и медицинскую помощь". Согласно статье 42: "Каждый имеет право на благоприятную окружающую среду, достоверную информацию о ее состоянии и на возмещение ущерба, причиненного его здоровью или имуществу экологическим правонарушением" [37, с. 15-17].

Согласно ст. 212, посвященной обязанностям работодателя по обеспечению безопасных условий и охраны труда, работодатель обязан обеспечить: соответствующие требованиям охраны труда условия труда на

каждом рабочем месте в соответствии с действующими нормативно-правовыми нормами: Федеральный закон № 426-ФЗ от 28 декабря 2013 года "О специальной оценке условий труда"; Федеральный закон №184-ФЗ "О техническом регулировании" от 27 декабря 2002 года; Федеральный закон № 123-ФЗ от 22.07.2008 г. (ред. от 10.07 2012г) "Технический регламент о требованиях к пожарной безопасности" [38, с. 15-17].

6.1 Производственная безопасность.

В целях обеспечения производственной безопасности необходимо выявить и устранить (или предусмотреть специальные методы защиты) опасные и вредные производственные факторы. Проектируемая ректификационная колонна разделения смеси метанол-вода предположительно может быть размещена в Томской области.

К опасным производственным факторам относятся:

1. поражение электрическим током;
2. опасность возникновения взрыва и пожара.

К вредным производственным факторам относятся:

1. недостаточная освещенность;
2. воздействие вибрации и различных шумов на производстве;
3. повышенная температура воздуха рабочей зоны, изменение микроклимата рабочей зоны;
4. воздействие компьютера;

В соответствии с рекомендацией [39, с.12] на предприятии должны быть соблюдены санитарно-гигиенические нормы по метеоусловиям. Особое внимание следует уделить освещению, отоплению и вентиляции цеха.

6.1.1. Выявление вредных и опасных факторов при эксплуатации ректификационной колонны.

Электробезопасность

Электронасыщенность современного производства (электрические установки, приборы, агрегаты) формирует электрическую опасность. При работе с электрическими установками на производстве, приборами в быту следует соблюдать требования электробезопасности. Они представляют собой систему организационных и технических мероприятий и средств, которые обеспечивают защиту людей от вредного и опасного действия электрического тока.

Действие электрического тока на организм человека носит многообразный характер. Проходя через организм человека, электрический ток вызывает термическое, электролитическое и биологическое действие. Термическое действие тока проявляется в ожогах тела, нагреве до высокой температуры внутренних органов человека (кровеносных сосудов, сердца, мозга). Электролитическое действие тока проявляется в разложении органических жидкостей тела (воды, крови) и нарушении их физико-химического состава. Биологическое действие тока проявляется в раздражении и возбуждении живых тканей организма и сопровождается судорожными сокращениями мышц (сердца, лёгких) [40, с. 155-159].

Для спасения пострадавшего необходимо как можно быстрее освободить его от действия электрического тока, а затем оказать ему первую медицинскую помощь. Согласно ПЭУ [41, с.1-10] исследуемое рабочее место относится к помещению без повышенной электроопасности, которое характеризуется отсутствием условий, создающих повышенную и или особую опасность.

Основные способы и средства электрозащиты:

1. изоляция токопроводящих частей и ее непрерывный контроль;
2. установка оградительных устройств;

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ ООО ООО ПЗ

Лист

134

3. предупредительная сигнализация и блокировки;
4. использование знаков безопасности и предупреждающих плакатов;
5. использование малых напряжений;
6. электрическое разделение сетей;
7. защитное заземление;
8. выравнивание потенциалов;
9. зануление; защитное отключение;
10. средства индивидуальной электрозащиты [41, с.1-14].

Противопожарные мероприятия

В соответствии с "Правилами пожарной безопасности в Российской Федерации" [42, с. 1-12], СНиП 2.04.09-84 "Пожарная автоматика зданий и сооружений" [43, с. 1-17], справочником руководителя тушения пожара (под. ред. Иванникова); СНиП 2.04.01-85 "Внутренний водопровод и канализация" [44, с. 10-17], и СНиП 2.04.02-84 "Водоснабжение. Наружные сети и сооружения" [45, с. 1-7] обеспечение пожарной безопасности и пожаротушения возлагается на руководителя предприятия.

Оснащение производственных зданий и территории промплощадки первичными средствами пожаротушения и мероприятия по пожарной безопасности должны производиться в соответствии с "Приказ МЧС РФ от 18.06.2003 313 "Об утверждении Правил пожарной безопасности в Российской Федерации (ППБ 01-03)" [46, с.1-94].

Местоположение первичных средств пожаротушения и пожарного инвентаря должно быть согласовано с органами пожарного надзора. Пожарные щиты с набором инвентаря (огнетушителями ОП-10, ОУ-5 для тушения электрооборудования, ведра, лопаты, топор), и ящиками для песка $V=1,0 \text{ м}^3$ предусматриваются на выходе из помещений и здания цеха таким образом, чтобы не препятствовать вынужденной эвакуации людей.

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ ООО ООО ПЗ

Лист

135

Освещенность

Рациональное освещение производственных помещений в светлое время суток осуществляется за счет естественного освещения через оконные проемы в наружных стенах. В темное время суток применяется общее местное и комбинированное искусственное освещение. Предусмотрено также аварийное и дежурное освещение. Рациональное освещение рабочих мест обеспечивает безопасные и здоровые условия труда. Освещение, соответствующее санитарным нормам, является главнейшим условием гигиены труда и культуры производства. При хорошем освещении устраняется напряжение зрения, ускоряется темп работы. При недостаточном освещении глаза сильно напрягаются, темп работы снижается, снижается производительность труда. Недостаточное освещение рабочих мест отрицательно влияет на хрусталик глаза, что может привести к близорукости.

В целях сохранения работоспособности в течение рабочей смены необходимым условием является рациональное освещение помещений и рабочих мест, которое обеспечивается естественным и искусственным освещением согласно СП 52.13330.2016 [47, с. 15].

В соответствии с таблицей 1 и таблицей 2 СП 52.13330.2016 выбраны следующие разряды зрительных работ:

1. технологические помещения: IV-Г;
2. служебные помещения: Б-2;
3. физико-химическая лаборатория: А-2;
4. вентиляционные камеры: VIII-В;
5. проходы, тамбуры, лестничные клетки: Ж-1, З-1, В-2;
6. насосные: IV-Г.

В соответствии с разрядами зрительных работ по таблицам Е1 и Ж1 СП 52.13330.2016 приняты нормативные освещенности от 10 до 300 лк. В соответствии с рекомендацией СП 52.13330.2016 предусмотрим наружное

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ ООО ООО ПЗ

Лист

136

освещение между зданиями на производственной площадке [47, с. 7-19], при необходимости предусмотрим оснащение персонала средствами освещения (фонариками).

Шум и вибрация

В цехе и других производственных помещениях источниками шума являются вентиляторы и электродвигатели рабочих механизмов, уровень шума которых при установке в соответствие с техническими требованиями не должен превышать допустимых норм. Шум и вибрация являются результатом колебания тел, передаваемого непосредственно или на расстояние другим объектам. Шум и вибрация различаются частотой колебаний в секунду. Если число колебаний в секунду не превышает 16, то они воспринимаются человеком, как сотрясения и называются вибрацией. Частота колебаний от 16 до 20000 в секунду воспринимается органами слуха как шум, колебания с частотой свыше этого предела не ощущаются человеком, и называются ультразвуками. Вибрация приводит к преждевременному износу деталей, механизмов, может вызвать аварию, вредно действует на сердечно-сосудистую и нервную системы организма, вызывает снижение слуха и даже стойкую глухоту, является причиной снижения работоспособности, ослабления памяти, внимания, остроты зрения, что увеличивает возможность травматизма [40, с. 143-144].

В целях снижения уровня шума в производственных помещениях до допустимых значений в соответствии с СНиП 23-03-2003 [48, с.10-30]: предусмотрено:

1. установка вентагрегатов в отдельных выгороженных помещениях - венткамерах, расположенных в удаленных от рабочих мест частях здания;
2. подбор диаметров воздуховодов по средним скоростям в магистральных воздуховодах для уменьшения сопротивления сети (4 - 8 м/с);
3. плавное соединение воздуховодов с вентиляционным агрегатом при помощи переходов и гибких вставок;

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ ООО ООО ПЗ

Лист

137

4. виброизоляция вентагрегатов с помощью пружинных амортизаторов, идущих в комплекте к вентиляционным агрегатам;
5. монтаж насосов и химического оборудования беспрокладочным методом с применением установочных винтов, удаляемых после подливки;
6. подвод питания к электродвигателям по гибким кабелепроводам.

На проектируемом производстве будут отсутствовать источники вибрации, способные влиять на организм обслуживающего персонала. Но при необходимости установка машин и механизмов на отдельно стоящих фундаментах и виброизолирующих опорах и применение гибких вставок в узлах воздухопроводов позволяет обеспечивать уровень вибрации в допустимых пределах.

Изменение микроклимата рабочей зоны

Микроклимат - климатические условия, созданные в ограниченном пространстве искусственно или обусловленные природными особенностями. Микроклимат закрытых помещений создается искусственно для того, чтобы обеспечить наиболее благоприятные условия для людей и предохранить их от неблагоприятных климатических воздействий. Микроклимат в рабочей зоне определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температурой окружающих поверхностей. Повышенная влажность затрудняет теплоотдачу организма путем испарений при высокой температуре воздуха и способствует перегреву, а при низкой температуре, наоборот, усиливает теплоотдачу, способствуя переохлаждению. Оптимальны такие параметры микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают сохранение нормального функционального и теплового состояния организма без напряжения реакций терморегуляции, что создает ощущение теплового комфорта и служит предпосылкой для высокой работоспособности. Поддержание оптимального микроклимата возможно только в том случае, если предприятие оснащено установкам кондиционирования микроклимата.

					ФЮРА РКЧ ООО ООО ПЗ	Лист
						138
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

В остальных случаях следует обеспечивать допустимые микроклиматические условия, т.е. такие, при которых хотя и могут возникать напряжения терморегуляции организма, но не выходят за пределы его физиологических приспособительных возможностей. При этом не возникают нарушения состояния здоровья, но может наблюдаться ухудшение самочувствия и понижение работоспособности. Микроклимат производственных помещений определяется назначением помещения и характером технологического процесса [40, с. 123-126].

Для нормализации условий труда проводится ряд мероприятий: отопление и вентиляция производственных помещений, механизация производственного процесса, теплоизоляция нагретых поверхностей, защита рабочих от источников излучения и т. д. В целях исключения вредного влияния микроклиматических факторов на организм человека и создания нормальных условий труда в рабочей зоне параметры воздушной среды должны соответствовать СанПин 2.2.4.548-96 [49, с.1-12].

Температура, влажность и скорость движения воздуха нормированы с учетом сезона года, категории выполняемых физических работ. В процессе обслуживания ректификационной колонны персонал работает стоя, большинство операций связано с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождается умеренным физическим напряжением, поэтому работа относится к средней тяжести, категории 26 в соответствии с СанПин 2.2.4.548- 96. Данные сведены в таблице 25.

Таблица 25. Допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений.

Сезон года	Категория тяжести выполняемых работ	Температура воздуха, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/сек	
		Факт. знач.	Доп. знач.	Факт. знач.	Доп. знач.	Факт. знач.	Доп. знач.
Холодный	26	20	19,1-22	53	12,75	0,1	0,2-0,4
Теплый		22	21,1-27	53	12,75	0,2	0,2-0,5

В проектном помещении существуют система действующей вентиляции и водяного отопления, которые позволяют поддерживать необходимую температуру, соответствующую СанПин 2.2.4.548-96 [49, с.1-12].

Вредное воздействие компьютера

Работа оператора по контролю рабочих параметров производственных процессов предусматривает работу за компьютером. Компьютер оказывает следующие вредные воздействия:

- Проблемы с мышцами. Длительное сидячее положение негативно сказывается на циркуляции крови в теле;
- Влияние сидячего положения на позвоночник;
- Проблемы со зрением. Негативное воздействие на глаза человека при длительной работе с компьютером отрицательно воздействуют на зрение.
- Проблемы психоэмоционального перенапряжения. Нарушение внимания и умственная усталость в процессе поиска информации на компьютере возникают гораздо быстрее, нежели при работе с другими источниками информации;
- Отрицательное воздействие компьютера на нервную систему;

В целях уменьшения пагубного влияния компьютера необходимо сокращение времени компьютерной работы, увеличение числа перерывов в соответствии с рекомендацией СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03[50, с.1-32].

6.2. Экологическая безопасность.

Функционирование проектируемой ректификационной колонны оказывает слабое негативное влияние на качество окружающей среды. При работе с ректификационной колонной отвод профильтрованных сточных вод необходим ввиду увеличения кубового остатка, также эти воды после фильтрации не будут влиять на окружающую среду, отходы в литосферу

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ ООО ООО ПЗ

Лист

140

отсутствуют. Решения по обеспечению экологической безопасности, охрана окружающей среды достигается комплексом мероприятий, направленных на предотвращение утечек метанола, неочищенной воды и сокращение потерь от испарения. Комплекс проектных мероприятий, направленных на уменьшение воздействия объектов на окружающую среду должен включать:

1. принятие герметичных схем приема-откачки сырья, продукта;
2. обеспечение сбора утечек с оборудования в подземные дренажные емкости с дальнейшим возвратом на переработку
3. подъём на оптимальную высоту труб выбросов организованных источников для улучшения рассеивания;
4. закрытый дренаж трубопроводов и оборудования;
5. лабораторный контроль за соблюдением нормативов выбросов вредных веществ в атмосферу;

6.3. Безопасность при чрезвычайных ситуациях.

В результате реализации принятых в ходе работы над ВКР проектных решений на производстве могут возникнуть следующие чрезвычайные ситуации:

1. возникновение пожара и взрыва (ввиду пожаро- и взрывоопасности разделяемой фракционной смеси жидких углеводородов);
2. возникновение производственных аварий техногенного характера (нарушение герметичности оборудования, разрыв трубопроводов);
3. природные ЧС (ввиду больших габаритных размеров, а именно высоты проектируемой колонны существует опасность возникновения ЧС под действием ветровой нагрузки и сейсмических сил).

Мероприятия по предотвращению воздействия ветровой нагрузки и сейсмических сил в данном проектном расчете обусловлено расчетом проектируемой колонны на действие ветровой и сейсмической нагрузки в разделе: "конструктивно-механический расчет"(сейсмическая нагрузка была упразднена в связи с предполагаемым местом производства: Томская обл.).

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ ООО ООО ПЗ

Лист

141

Механизм ликвидации последствий возникновения производственных аварий техногенного характера состоит из эвакуации персонала из зоны поражения, локализации источника аварии, ремонтных работ и устранения причин аварии.

Наиболее типичная и опасная ЧС, защиту от которой необходимо предусмотреть, на данном производстве – возникновение пожара. Причинами возникновения пожара и взрыва могут служить:

1. технические неполадки, в результате которых происходит отклонение технологических параметров от регламентных значений, вплоть до разрушения оборудования;
2. неосторожное обращение с огнем при производстве ремонтных работ;
3. события, связанные с человеческим фактором: неправильные действия персонала, неверные организационные или проектные решения, постороннее вмешательство (диверсии) и т.п.;
4. внешнее воздействие техногенного или природного характера: аварии на соседних объектах, ураганы, землетрясения, наводнения, пожары.

Превентивные меры по предотвращению ЧС включают в себя соблюдение техники безопасности, оснащение производственных зданий и территории промплощадки первичными средствами пожаротушения и мероприятия по пожарной безопасности в соответствии с [46]. Местоположение первичных средств пожаротушения и пожарного инвентаря должно быть согласовано с органами пожарного надзора.

Последовательность и механизмы действия при пожаре приведены в соответствии с действующими нормативно-правовыми актами и инструкциями [36, 39, 40, 43-46]. При возникновении пожара необходимо отключить ректификационную колонну от сети, вентиляцию, убрать огнеопасные предметы в безопасное место, одновременно, по возможности, ликвидировать очаг. Средства тушения применять с учетом того, что является источником пожара. Для тушения горячей одежды использовать воду, для горящих

электроустановок - углекислые огнетушители, для тушения воспламененных установок, закрепленных штативом - асбестовое одеяло.

6.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Все рабочие и служащие, поступающие на работу, подлежат предварительному медицинскому освидетельствованию. Все трудящиеся на рабочих местах, где возможно присутствие в воздухе рабочей зоны вредных газов и паров, а также возможен непосредственный контакт с опасными реагентами и продуктами производства, обеспечиваются средствами индивидуальной защиты, спецодеждой и обувью в соответствии с нормами трудового законодательства:

В калькуляции себестоимости предусмотрена соответствующая статья затрат «Охрана труда». Допуск к работе с вредными и токсичными веществами без спецодежды и других защитных средств запрещается. Средства защиты перед началом работы должны быть проверены.

Аварийный запас СИЗ определяется планом ликвидации аварий. Контроль состояния воздушной среды рабочей зоны производственных помещений осуществляется в соответствии с ГОСТ 12.1.005-76 [51, с. 1-33].

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ ООО ООО ПЗ

Лист

143

Заключение

В процессе проделанной работы была рассчитана ректификационная колонная установка для разделения бинарной смеси метанол-вода.

Были получены следующие данные:

-тип тарелок ТСО (тарелки ситчатые с отбойными элементами);

-расход дистиллята $P=6,297$ т/час ;

-расход кубового остатка $W=7,703$ т/час;

-расход тепла на подогреве $Q_{нагр}=773,5$ кВт ;

-расход тепла на испарение смеси $Q_{кип}=5660,97$ кВт;

-основные размеры ректификационной установки, в том числе:

1) высота цилиндрической части колонны $H=26\ 820$ мм;

2) диаметр колонны $D=1800$ мм;

3) высота цилиндрической части крышки и днища 40 мм;

4) высота эллиптической части крышки и днища 450 мм;

5) суммарная высота колонны без опоры и учета штуцеров 27 800 мм;

6) высота опоры 2000 мм;

-рабочее число тарелок равно 34-м.

Выбран тип изоляции колонны - аэрогель, и рассчитана ее толщина 12 мм;

-также был проведен расчет гидравлического сопротивления тарелок, на основе которого было принято минимальное расстояние между ними равно 700мм.

Ректификационная колонна установлена на опору типа 1 облегченная с $Q_{max}=3.2$ МН

					ФЮРА РКЧ ООО ООО ПЗ	Лист
						144
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

Список используемой литературы

1. Основные процессы и аппараты химических производств. Ч. 2: Учеб. пособие / С.А. Бабенко, В.И. Косинцев, В.М. Миронов и др. – Томск: Изд. ТПУ, 2000. – 148 с.
2. Никольский, Б.П. Справочник химика: общие сведения, строение вещества, свойства важнейших веществ, лабораторная техника. /Б.П. Никольский - том 1, второе издание перераб. и доп. - Л.: Химия, 1966. - 1072 с., ил.
3. Павлов, К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков.– 14-е изд., перераб. с изд. 1987 г. – М.: ООО ИД «Альянс», 2007. - 576 с.
4. АТК 26-02-03-89. Тарелки ситчатые с отбойными элементами для аппаратов колонного типа. Параметры, конструкция и основные размеры ОКП 36 8393.
5. РТМ 26-02-2-83. Тарелки ситчатые с отбойными элементами. Методы гидравлического расчета.
6. Кикоин, И.К. Таблицы физических величин. Справочник. / И.К. Кикоин. - М.: Атомиздат, 1976. - 1008 с.
7. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования: ГОСТ Р 52857.1–2007 / Российская Федерация, Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – М.: Стандартиформ, 2008. –24 с.
8. Беляев, В.М. Конструирование и расчёт элементов оборудования отрасли Часть I /В.М. Беляев, В.М. Миронов.– 3-е изд.– У: ТПУ, 2016.–314с.
9. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением: ПБ 03-576-03 4. ГОСТ 19903-74 / Российская Федерация, Федеральноеагентство по техническому регулированию и метрологии. – М.: Стандартиформ, 2013 г.

					<i>ФЮРА РКЧ ООО ООО ПЗ</i>	Лист
						145
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

10. Лацинский, А.А. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. /А.А. Лацинский, А.Р. Толчинский., - М.: Альянс, 2008. - 752 с.
11. Днища эллиптические отбортованные стальные для сосудов, аппаратов и котлов. Основные размеры: ГОСТ 6533-78/ Государственный комитет СССР по стандартам. Москва, государственный стандарт союза ССР.
12. Основные процессы и аппараты химических производств. Ч. 1: Учеб. пособие / С.А. Бабенко, В.И. Косинцев, В.М. Миронов и др. – 2-е изд. испр. и доп. – Томск: Изд. ТПУ, 2000. – 144 с.
13. Фланцы стальные плоские приварные на Ру от 0,1 до 2,5 МПа (от 1 до 25 кгс/см²). Конструкция и размеры. / ГОСТ 12820-80*.
14. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность и герметичность фланцевых соединений: ГОСТ Р 52857.1–2007 / Российская Федерация, Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии.–М.: Стандартинформ, 2008. –24 с.
15. ГОСТ Р ИСО 4014-2013. Болты с шестигранной головкой-классы точности А и В.
16. Семакина, О.К. Машины и аппараты химических, нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств: учеб. пособие / О.К. Семакина; Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. - 164 с.
17. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Определение расчетных усилий для аппаратов колонного типа от ветровых нагрузок и сейсмических воздействий: ГОСТ Р 51273-99/ Государственный стандарт РФ.
18. АТК 24.200.04-90. Опоры цилиндрические и конические вертикальных аппаратов. Типы и основные размеры.

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ 000 000 ПЗ

Лист

146

19. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию / Г.С. Борисов, В.П. Брыков, Ю.И. Дытнерский и др. -. Под ред. Ю.И. Дытнерского, 2-е изд., перераб. и дополн. – М.:Химия, 1991. -496 с.
20. Aspen Aerogels Industrial Aerogel Insulation(«Аспен Аэрогель Индустриальная аэрогельная теплоизоляция»). [сайт] URL: <http://www.aerogel.com>
21. Метанол – википедия. [сайт]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%BB>
22. Creon – конференция Метанол 2017. [сайт]. URL: <http://www.creonenergy.ru/consulting/detailConf.php?ID=120456>
23. Quora - What companies are the world's largest methanol suppliers?. [сайт]. URL: <https://www.quora.com/What-companies-are-the-worlds-largest-methanol-suppliers>.
24. Рыжакина, Т.Г. Экономика и управление производством. Расчет экономической части дипломного проекта: метод. указ. для студентов хим. спец. ИДО / Т.Г. Рыжакина. - Томский политехнический университет. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2007.- 22 с.
25. Количество праздничных выходных дней в разных странах мира - [Электронный ресурс] – URL: <http://managment-study.ru/normirovanie-trudavidy-norm-i-normativov.html>
26. Количество праздничных выходных дней в разных странах мира - [Электронный ресурс] - URL: https://studopedia.ru/6_9562_opredelenie-fondov-rabochego-vremeni.html
27. Ильин А.И. Планирование на предприятии. – Мн.: Новое знание, 2010. – 700 с.

28. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ
[Электронный ресурс] // Официальный интернет-портал правовой информации [сайт]. URL:
http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/29.
30. «МОДУЛЬДОМ» - строительство производственных зданий. [сайт]. URL:
<http://mod-b.ru/catalog/promzd>
31. Тарифы на электроэнергию в Томске и томской области. [сайт]. URL:
https://energovopros.ru/spravochnik/elektrosnabzhenie/tarify-na-elektroenergiju/tomskaya_oblast/39310/
32. Метанол-сырец стоимость. [сайт].
URL: https://perm.pulscen.ru/products/metanol_syrets_53996822
33. Уголь каменный сортовой ДПК(грохот): цена в Новосибирске. [сайт].
URL: <https://ип-гнедов.рф/p58048252-ugol-kamennyj-sortovoj.html>
34. Pricing | Methanex corporation. [сайт].
URL: <https://www.methanex.com/our-business/pricing>
35. Коротков Э.М. Корпоративная социальная ответственность: учебник для бакалавров / Э. М. Коротков, О. Н. Александрова, С. А. Антонов [и др.] ; под ред. Э. М. Короткова. - М. : Издательство Юрайт, 2017. - 445 с. - Серия : Бакалавр. Базовый курс.
36. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ [Электронный ресурс] // Официальный интернет-портал правовой информации [сайт]. URL:
<http://docs.cntd.ru/document/9046058>
37. Конституция Российской Федерации от 12.12.1993 [Электронный ресурс] // Официальный интернет-портал правовой информации [сайт]. URL:
<http://www.constitution.ru>

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ ООО ООО ПЗ

Лист

148

38. Трудовой кодекс Российской Федерации от от 30.12.2001 N 197-ФЗ

[Электронный ресурс] // Официальный интернет-портал правовой информации [сайт].

URL:

http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/

39. Кушелев В.П. Основы техники безопасности на предприятиях химической промышленности.- Л.: Химия, 1977 - 279 с.

40. Крепша Н.В. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие для иностранных студентов / Н.В. Крепша; Национальный исследовательский Томский политехнический университет - Томск: изд-во Томского политехнического университета, 2014. - 198 с.

41. Правила устройства электроустановок: ПУЭ от 01.01.2003. Общие правила.- Москва: [б.и.], 2003. - 14 с.

42. Приказ Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий: Правила пожарной безопасности в РФ от 18 июня 2003 г. № 313 - Москва: [б.и.], 2003. - 138 с.

43. Строительные нормы и правила: СНиП 2.04.09-84 Пожарная автоматика зданий и сооружений.- Москва: [б.и.], 1998. - 24 с.

44. Строительные нормы и правила: СНиП 2.04.01-85 Внутренний водопровод и канализация.- Москва: [б.и.], 1996. - 63 с.

45. Строительные нормы и правила: СНиП 2.04.02-84 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.- Москва: [б.и.], 1996. - 177 с.

46. Приказ МЧС РФ от 18.06.2003 313. Об утверждении Правил пожарной безопасности в Российской Федерации (ППБ 01-03). - 94 с.

47. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение: нормативно-технический материал. - Москва:[б.и.], 2016. - 79 с.

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ 000 000 ПЗ

Лист

149

48. Строительные нормы и правила: СНиП 23-03-2003. Защита от шума: нормативно-технический материал. - Москва: [б.и.], 2004. - 30 с.

49. Строительные нормы и правила: СанПин 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. - Москва: [б.и.], 1996. - 12 с.50.

50. Строительные нормы и правила: СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.

Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. - Москва: [б.и.], 2003. - 32 с.

51. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).

Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ФЮРА РКЧ ООО ООО ПЗ

Лист

150